BOSTON
MEDICAL LIBRARY

IN THE
Francis A. Countway
Library of Medicine
BOSTON

Wm P. Wenckhoff

Weinachten 1874.

Mikroskopische Bilder.

Wm P. Wendkoff Stud. med.
1837.

Mrs. C. Hazelhoff

Mikroskopische Bilder.

Naturansichten aus dem kleinsten Raume.

Ein Gemälde

des

Mikrokosmus in seinen Gestalten und Gesetzen.

In Briefen an Gebildete

von

Dr. H. Klencke, Professor,

Mitglied der Königl. Preuß. Akademie d. g. Wissenschaften, der Kaiserl. Societäten zu St. Petersburg und Wien, der Kaiserl. Leopoldinischen Akademie der Naturforscher, der Societäten zu Athen, Dresden, Anvers, Göttingen, Wetterau, Hamburg u. s. w.

Mit 430 in den Text gedruckten mikroskopischen Figuren.

WESSELHOEFT D.M.
BOSTON. MASS.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber.
1853.

No. 3 Needlework Class
Miss

Vorwort.

Diese Naturansichten, welche hier in öffentlichen Briefen an die gebildete Welt gerichtet werden, betrachte ich als ein Gegengemälde meiner „Naturbilder", die, in der Einrahmung directer Briefe an Alexander von Humboldt, im Jahre 1851 erschienen sind und den Zweck hatten, in einer Reihe naturgetreuer Zeichnungen einen überschauenden Gesammtblick in den großen Entwicklungsgang und die planmäßige Wandlung der Menschheit zu vermitteln. — Die Aufnahme und Beurtheilung dieses Gemäldes unseres Lebens im großen Ganzen ermunterte mich, in diesen „Naturansichten" die Blicke auf ein anderes Gebiet — und zwar auf das Naturleben im kleinsten Raume — hinzulenken.

Im unermeßlich großen Raume der Natur, wo Wissenschaft und Phantasie den Menschengeist mit unzähligen Anschauungen bereichern und das staunende Gemüth zur Andacht steigern, war es durchaus zur Erkenntniß der gewaltigen Gesetze, welche im Univer-

sum herrschen, und zur Einsicht in das unendlich Mannichfaltige der Bewegung und Gestaltung erforderlich, die Schranken im scheinbar Schrankenlosen zu suchen und das in sich Abgeschlossene zunächst verstehen und daraus vergleichend und trennend das Allgemeine begreifen zu lernen. — Die Phantasie, die vom Totaleindrucke der Natur so gern auf das Einzelne oder Unerreichbare schließt, faßt verbindend alle Erscheinungen zu einem blendenden Lichtbilde oder einem geheimnißvoll angenehmen Mysterium zusammen und wird dadurch erhoben, begeistert und vor die Allmacht geführt.

Anders verfährt die Wissenschaft, welche als Naturerkenntniß ihre einzig sichere, zuverlässige Stütze in der Erfahrung findet und es dem denkenden Geiste nur in der Schlußkette von Ursache und Wirkung gestattet, über das sinnlich Wahrgenommene hinaus zu folgern und das Unendliche zu durchschweifen.

Durch dieses Trennen und Unterscheiden, dieses Suchen und Finden der Schranke im unendlichen Raume wurde es allein der Wissenschaft möglich, die großen Gesetze und Bewegungen, die Gestalten und Verwandlungen in demselben zu erkennen und die Ideen der Schöpfung und Weltbildung dem menschlichen Bewußtsein gegenwärtig zu machen. Sie hat, indem sie die Körper zum Gegenstande des Forschens macht, mit dem Raume zu thun, in welchem die Formen und deren Veränderungen auf Planmäßigkeit und gesetzliche Ordnung hinweisen und damit auf Ideen leiten, welche in der Körperwelt zur Erscheinung kommen, sich verkörpern. —

Der Mensch steht mit seinem Erkenntnißdrange vor zwei Welten — vor dem größten Raume und vor dem kleinsten Raume. Dort erkennt er das Leben und Gesetz seines Planeten, dort erblickt er neue Himmelskörper auf sicheren Bahnen und es leuchten ihm aus unmeßbaren Entfernungen aufschimmernde Lichtnebel entgegen, die ihn nur eine neue Unermeßlichkeit ahnen lassen — nach dort hin reicht sein Auge nicht mehr ohne künstliche, raumdurchdringende Instrumente, aber so weit auch diese reichen, überall entdeckt er dieselben Gesetze, dieselben Kräfte und denselben Zusammenhang des Einzelnen mit dem Ganzen.

Auch in den kleinsten Raum vermag der Mensch nicht mit seinem unbewaffneten Auge zu blicken. Die Phantasie träumt sich auch hier gern in eine Unendlichkeit hinein und das Leben im kleinsten Raume erscheint dem profanen Auge leicht als ein Unerforschliches, die Mittheilungen, welche der Laie über die Welt macht, die ihm durch ein gutes Mikroskop gezeigt wurde, vernehmen viele Andere als eine Wundersage märchenhafter und angenehmer Selbsttäuschung — der Gebildete hört von einer Mannichfaltigkeit in Gestalten und Farben, Bewegungen und Kraftäußerungen, welche in einer unsichtbaren Raumgröße des Weltall's vor sich gehen sollen und kann sich keine Vorstellung davon machen, wenn da behauptet wird, daß in dem kleinsten, nur dem bewaffneten Auge zugänglichen Raume die wichtigsten und mächtigsten Gesetze des Bildungslebens der Erde und ihrer Bewohner erfüllt werden, daß hier Bewegungen zartester Atome stattfinden, die demsel-

ben Kraftgebote gehorchen, welches Himmelskörper schuf und sie durch den kosmischen Raum rollt — daß hier die eigentliche Werkstatt ist, aus welcher die Schöpferhand das große Gemälde der Natur hervorwachsen läßt. —

Diesen kleinsten Raum für das gebildete Publikum zu erschließen und zu zeigen, wie in dem unsichtbaren Größentheile des Universum eine ganze Welt sich offenbart und alle großen Naturkräfte auch hier ihre volle und wirksamste Anwendung finden, — zu zeigen, daß hier im kleinsten Raumverhältnisse keine formlos sich in's Nichts verlierende Unendlichkeit sich dem bewaffneten Auge entzieht, sondern vielmehr auch hier feste und bestimmte Grenzen gezogen sind, daß hier mit mathematischer Gesetzmäßigkeit Formen und Bewegungen sich äußern, die nach vernünftigen Plänen und Zwecken der Schöpfung zur Erscheinung kommen — daß endlich in diesem kleinsten Raume die geheimnißvolle, aber von der Wissenschaft aufgeschlossene Werkstatt sich befindet, in welcher die Natur aus unsichtbaren Atomen und mit wundervollen Elementarkräften Weltkörper und Pflanze und Thier, mit einem Worte, die ganze Erscheinungswelt hervorgehen macht — dies ist die Aufgabe, welche diese Naturansichten erfüllen sollen.

Unsere Gegenwart fordert diese Erkenntniß von dem Gebildeten. Die Naturwissenschaft ist es ja, welche zur Zeit herrschend geworden ist in der Literatur und im Leben. — Humboldt ging selbst voran in der Ausstreuung der naturwissenschaftlichen Resultate in

das Volk, sein „Kosmos" rief eine Literaturepoche hervor, in welcher man bestrebt ist, die Wissenschaft von der Natur aus dem Priestergeheimnisse der Eingeweihten vor das Volk zu führen und zum populären Gemeingute aller Gebildeten zu machen. Und verstand Humboldt, im inneren Tempeldienste der Natur ergraut, nicht immer die Sprache der Allverständlichkeit zu reden und mußte er hundert Thatsachen als bekannt oder vorstellungsfähig voraussetzen, welche aber der profanen Welt ein dunkles Geheimniß waren und blieben, so fanden sich bald bereitwillige Jünger der Wissenschaft, um mit populärer Feder die Voraussetzungen zu erklären, die gelehrte Folgerung zu erläutern und das Detail zum Allgemeinsatze hinzuzufügen oder die verständliche praktische Anwendung zu ergänzen. — So entstand eine besondere „Kosmos-Literatur", welche durch das vorherrschende Interesse, das sie bei den Gebildeten aller Stände hervorgerufen hat, für unsere Zeit charakteristisch geworden ist.

Aber auch das Leben fordert die volksthümliche Verallgemeinerung der Naturwissenschaft. Seitdem Technik und Lebensverkehr die Naturkräfte anzuwenden und dem menschlichen Bedürfnisse und Vortheile dienstbar zu machen gelernt haben, drängt sich das Volk in die Auditorien und Laboratorien der Naturforscher, horcht auf jede neue Entdeckung und greift lernbegierig nach allen Büchern, welche die Natur im Ganzen oder irgend ein Gebiet derselben in Wort und Bild allverständlich zu machen suchen. Die Intelligenz unserer Zeit verlangt außerdem auch eine naturwissenschaftliche

Bildung; der Mensch soll nicht, wie in früheren Perioden, vor der Natur als vor einem Geheimnisse stehen und dasselbe entweder als Wunder anstaunen oder mit theilnahmloser Kälte an sich vorüberziehen lassen — religiöse Empfindung und Aufklärung weisen den denkenden Menschen auf die Natur hin und der Ausspruch eines alten Humanisten*), welcher lautet:

„„In mir wächst die Neigung, den organisirenden Kräften in der Natur auf die Spur zu kommen und immer tiefer die Gesetze ihres wirkenden Geistes zu erforschen, denn Auffindung, Verbindung und Harmonie der Naturgesetze unter sich und zum Ganzen haben eine moralische Bedeutung und es geben Gewißheit und Wahrheit in Erkenntniß der großen Naturgesetze dem menschlichen Geiste überhaupt ein helleres und gewisseres Licht““ —

redet dem Ausspruche Humboldt's das Wort, wenn dieser sagt:

„„Die christliche Richtung des Gemüthes ist die: aus der Weltordnung und aus der Schönheit der Natur die Größe und Güte Gottes zu beweisen. Eine solche Richtung — die Verherrlichung der Gottheit aus ihren Werken — veranlaßte den Hang nach Naturbeschreibungen.““ —

Hiermit habe ich den Gesichtspunkt angedeutet, welcher mich bei der Conception und Ausführung dieses Buches leitete. Aus demselben Wollen und Wirken entstanden meine „Naturbilder aus dem Leben der

*) Herder.

Menschheit" und mein Lebensbild „Alexander von Humboldt." —

Gleich den „Naturbildern" — schließen sich auch diese „Naturansichten" mehr oder weniger der Kosmosliteratur an, wenn sie sich auch nicht so direct, wie die oben genannten Schriften, mit Humboldt's Namen einführen. Wie jener berühmte Altmeister der Naturwissenschaft in seinem großen Schriftwerke nur mit vorübergehender Kürze der Menschheit erwähnt, so hat er auch des Naturlebens im kleinsten Raume nicht weiter gedacht, während er dem Planeten selbst und den unermeßlichen Himmelsräumen sein erkennendes Auge zugewandt hat und die Gesetze im großen Ganzen der Erscheinungen aufzeichnet. —

Das regte mich damals an, das Leben der Menschheit nach meinen eigenen Anschauungen naturbildlich darzustellen, wohl wissend, daß Humboldt einer anderen Richtung folgend, auch eine andere Ansicht vertreten haben würde, aber ich wollte ja nicht ergänzen, sondern nur anknüpfen und die eigene Anschauung von der Menschheit darstellen, was denn auch in jenen Briefen an Humboldt geschah, deren Veröffentlichung er gestattete. — Anders verhält es sich mit diesen „Naturansichten", welche die Natur im kleinsten Raume darstellen. Sie halten sich streng an diejenige Erfahrung, welche keine andere Deutung und Meinung zuläßt, als die, welche das von der Wissenschaft gefundene und allseitig geprüfte Resultat fordert — hier eröffnet sich eine Welt, welche Jahrtausende lang ein Geheimniß geblieben war, deren Bedeutung man nicht kannte und

an deren Stelle man sich eine Wunderkraft dachte, welche, unmittelbar aus der Schöpferhand ausstrahlend, aus Nichts hervorzauberte: Elemente, Formen und Erscheinungen; man glaubte, indem man vor dem kleinsten Raume, als vor einem Abstractum scheu zurücktrat, an eine unsichtbare Werkstatt schöpferischer Willkür. — Aber die Naturwissenschaft erkannte auch hier die Schranke, die Ordnung, das Gesetz und die Urphänomene der Erscheinungen im Großen, das bewaffnete Auge sahe die Prozesse thätig, aus welchen jegliche Gestaltung hervorgehen muß, man lernte diese Phänomene verstehen und aus ihnen die Bedingungen des gesammten, großen Naturlebens erklären. —

Diese so unzählig vielen Menschen unsichtbar gebliebene Welt im kleinsten Raume habe ich in nachfolgenden Bildern treu nach der Natur, Allen anschaulich machen wollen — und ich wünsche, daß es mir gelungen sein möchte. — Die Briefform wählte ich, um den Inhalt dieses Buches an alle Gebildete zu adressiren, welche den Grundsatz anerkennen: daß Naturerkenntniß auch Selbsterkenntniß des Menschen ist! —

Braunschweig im Sommer 1852.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Brief.

Der unbeschränkte Raum. — Die Schranke. — Die Schranke des Maßlosen ist die erste Erscheinung des Gesetzes in der Natur. — Jeder Naturgedanke hat eine bestimmte Form. — Beschränkung im Raume bedingt Gestaltung. — Begriff und Wirklichkeit des kleinsten Raumes. — Die Gestaltung reicht bis in die kleinsten Raumverhältnisse. — Im kleinsten Raume tritt der erste Unterschied zwischen unorganischer und organischer Natur in die Erscheinung. — Unterschied der Körperzusammensetzung und Körperform. — Atome, chemische Kraft und Lebenskraft. — Winkel und Kugel. — Krystall, als erste mathematische Naturform. — Alle Körpergestalten sind Fortbildungen von Linie, Winkel und Kreis. — Der kleinste Raum als eigentliche Werkstatt des göttlichen Weltbaues. — Mikrokosmus. (S. 3—27.)

Zweiter Brief.

Elemente. — Eigenschaften derselben. — Atome. — Cohäsionskraft. — Specifisches Gewicht. — Wärme und ihre Einflüsse auf die Atome. — Auflösung fester Körper. — Aggregatzustand der Körper. — Die Krystallisation und ihre Bedingungen. — Mikroskopie der Krystalle. — Die sechs Grundformen aller Krystalle. — Arten von Schwingungen der Atome. — Schall. — Wärme. — Licht. — Farbe. — Eigenthümliche Vibrationen

und Strömungen in den feinsten Theilen. — Elektricität. — Galvanismus. — Magnetismus. — Rückblick. (S. 28—96.)

Dritter Brief.

Die Wunder der organischen Welt im kleinsten Raume. — Die organische Materie. — Die Urzelle, als erste Gestaltung der organischen Natur in Pflanzen und Thieren. — Lebenskraft und Organismus. — Verwandlung organischer Materien in unorganische. — Verwesung, Verbrennung. — Die Lebenskraft bildet immer nach einem bestimmten Plane und erstrebt ihr letztes Ziel in periodischen Umläufen durch neue Darstellung des Anfanges. — Das Einzelwesen, als abgeschlossener Lebenskreis, gegenüber dem allgemeinen Naturleben. — Selbstzweck des Einzelwesens. — Trieb der Selbsterhaltung. — Wachsthum von Innen heraus. — Die pflanzliche und thierische Urzelle als Organismus. — Zellenmembran und Zelleninhalt. — Die mikroskopische Zelle, als wahrhaftes Objekt der Entwicklungsgeschichte von Pflanzen und Thieren. — Die Entstehung einer Zelle. — Formveränderung der runden Zelle durch ungleiche Ernährung und mechanischen Druck. — Die Lebensmannichfaltigkeit der gesammten organischen Welt erklärt sich aus den Lebenserscheinungen der Urzelle, als Urphänomen des Pflanzen- und Thierreichs. — Modificationen der Pflanzenzelle. — Gefäße, Bast- und Holzzellen, Spaltöffnungen. — Die Vegetation der Zelle. — Selbstgefühl der Zellen. — Die Zelle nimmt Nahrung und Bildungsstoff auf. — Endosmose und Exosmose. — Assimilation und Secretion der Zelle. — Contactwirkung. — Prädisponirende Verwandtschaft. — Ausscheidung und Ausdünstung der Zelle. — Circulationsbewegung in der Zelle. — Ortsveränderung der Zelle. — Flimmerzellen. — Entstehung der ersten Saftcirculation im Eie. — Samenzellen. — Fortbildung der Zellen im Thiereie. — Mikroskopische Darstellung eines acht Tage alten Embryo-Menschen. — Fortpflanzung der Zelle. — Ende und Tod der organischen Zelle. — Leben der Zellen im Zusammenhange. — Urzeugung und Entstehung aus Samen oder Eiern. — Schaffen und Zeugen. — Alles Wachsen und Fortentwickeln der Pflanzen und Thiere geschieht durch Zellenvermehrung und Zellenfortbildung. — Unterschied der pflanzlichen und thierischen Zelle. — Grenze zwischen Pflanzen und Thieren im kleinsten Raume. (S. 97—188.)

Vierter Brief.

Mikroskopisches Pflanzenleben. — Krystalle in Zellen. — Chlorophyll. — Stärkmehl. — Lagerung der Zellen zu Pflanzengeweben. — Splint, Holz, Jahresringe. — Mark, Rinde, Markstrahlen. — Markscheide, Holzkörper und Cambialzellen. — Gefäßbündel und ihre Anordnung in den verschiedenen Pflanzenklassen. — Mikroskopische Darstellung der Fortpflanzung der Pflanzen. — Der Anfang jeder Pflanze ist immer eine einzelne Zelle. — Zellenabschnürung. — Sporenbildung. — Blüthen- und Samenbildung. — Der Blüthenstaub und sein Verhalten bei der Befruchtung. — Samenknospe. — Neueste Theorie der Befruchtung, wobei der Blüthenstaub eine weibliche Bedeutung hat. — Zellen als Bildungsfactoren thierischer Gewebe. — Oberhautzellen. — Nervenzelle und Nervenfaser. — Innervation. — Muskelfaser. — Bewegung. — Lymphzellen. — Chylusкügelchen. — Blutzellen. — Verhalten der Blutgefäße. — Lebensbedeutung der Blutzellen. – Formelle Anlage der Absonderungsorgane. — Knorpelzellen. — Knochenkörperchen. — Schmelzröhren. — Pigmentzellen. — Fettzellen. — Elektrische Zellen. — Milchkügelchen. — Gesunde und kranke Milch unter dem Mikroskope. — Schleim- oder Congestionszellen. — Eiterzellen. — Dotterzellen. — Zerklüftungsprozeß des Dotters. — Geschlechtliche und geschlechtslose Fortpflanzung der Thiere. — Zellenablösung. — Selbsttheilung. — Knospenbildung. — Bildung und Entwicklung des Thiereies. — Entwicklungsmetamorphosen. — Generationswechsel und Ammenbildung der Thiere. — Periodische Geschlechtsknospen bei den Polypen. — Entwicklung der Ohrenqualle. — Entwicklung der Insekten und Wirbelthiere. (S. 189—302.)

Fünfter Brief.

Normale und abnorme Zellen. — Begriff von Krankheit. — Krankhaftes Zellenleben. — Atrophie, als Urkrankheit der organischen Zelle. — Ueberbildung, Hypertrophie. — Störung der Zellenfortbildung. — Specifisch abnorme Zellen. — Congestionszelle. — Eiterzelle. — Krebszelle. — Tuberkel- und Melanose-Zelle. — Contagiöse Zellen. — Krankheiten, welche mit specifischen mikroskopischen Thier- und Pflanzenbildungen verbunden sind. — Contagiöse Pilze. — Gährungspilz. — Fadenpilze auf

Schleimhäuten. — Muscardine. — Pfoorospermien. — Rotzconferve. — Pilze in den Luftsäcken der Vögel. — Der Kopfgrind-Pilz. — Pilze auf Fröschen und Wassersalamandern. — Schmarotzerthiere des Menschen. — Krätzmilbe. — Haarbalgmilbe. — Das Eindringen der Schmarotzerthiere in die inneren Organe der Thiere und Menschen. — Oestrusfliege. — Floh. — Sandfloh. — Läuse. — Holzböcke. — Nigua. — Leptus. — Fadenwurm. — Nestelwurm. — Peitschenwurm. — Pallisadenwurm. — Trichina spiralis. — Cercarien. — Leberegel. — Bandwürmer. — Blasenwürmer. (S. 303 – 362.)

Sechster Brief.

Mikroskopische Wanderungen durch die Welt des Wassertropfens und die Pflanzen-Wälder des kleinsten Raumes. — Die Infusionsthierchen. — Infusorienlager. — Der erste mikroskopische Blick in das Leben eines Wassertropfens. — Infusorien als vollkommen organisirte Thiere. — Eingeweide der Infusorien. — Räderthiere. — Magenthiere. — Die Pflanzen des kleinsten Raumes. — Conferven und Pilze. — Das Mikroskop. (S. 363—432.)

Mikroskopische Bilder.

Erster Brief.

Der Mensch steht vor zwei Welten, die er in ihren Raumverhältnissen in eine unendlich große und eine unendlich kleine zu unterscheiden gewohnt ist und welche er nach der Fähigkeit seiner Sinne räumlich beurtheilt. Wie das Kind mit seinem unerfahrenen Auge kein Urtheil über Größe und Entfernung des Raumes und der Körper hat, das Nahe weit, das Kleine groß nennt, wie es also überhaupt mehr in das Schrankenlose hineinstarrt und nicht unterscheidet, so schauet auch der erwachsene Mensch, ohne Erfahrung und Erkenntniß, das große Bild der Natur an; der unendliche Raum, welcher sich über ihm ausdehnt, setzt ihn in Erstaunen oder weckt seine Phantasie, in ungemessene Entfernungen hinauszuschwärmen und sich wohl zu fühlen im Grenzenlosen.

Jemehr aber der Mensch erkennt, um so deutlicher wird er sich der Grenzen, der Schranken, bewußt; — was ist Unterscheiden anders, als Auffinden der Grenzen zweier oder mehrerer Körper? — Im Allgemeinen, im Schrankenlosen, ist Alles denkbar und vorhanden, was die Natur hervorzu-

bringen vermag, alle Eigenschaften schweben im wildverworrenen Bilde vor der Seele, es giebt weder Unterschied noch Aehnlichkeit, weder Ordnung, Gesetz noch Folgerung. Indem mein Geist Nähen und Fernen, Körperumrisse, Gestalten und Ortsveränderungen im unendlichen Raume erkennt, zieht er in das Schrankenlose die *Schranke*, die *Begrenzung*; — das Unendliche und Maßlose erscheint ihm eine Reihe von Endlichkeiten und abgemessenen Räumen, er unterscheidet und sucht wieder nach Beziehungen zwischen dem vom Verstande Getrennten.

Ein unbeschränkter Raum, ohne irgend eine innere Grenzlinie, ist körperlos, ist eine Oede, ein chaotisches Nichts. — Er kann nicht Natur sein, denn in ihr ist die Körperwelt zur Erscheinung gekommen, er kann nicht Schöpfung sein, denn in dieser ist die unendliche Mannichfaltigkeit unter das durchgreifende, vereinende Gesetz der Weisheit gestellt.

Die alte mosaische Urkunde erzählt in ihrer poetischen Weise, daß Alles öde und wüste gewesen sei und Gott im Anfange Himmel und Erde, festes Land und Wasser getrennt habe. Er zog also die *Schranke* in das Maßlose, er schied und begrenzte und zog damit die Demarkationslinie des *Naturgesetzes*. —

Die Schranke des Maßlosen ist die erste Erscheinung des Gesetzes in der Natur — alle gesetzmäßige *Gestaltung* aus dem rohen Walten der Naturkräfte beginnt von Ewigkeit her mit der Beschränkung des Unermeßlichen — damit tritt die Natur zuerst formell in den höheren Plan der Weltordnung ein. —

Beschränkung ist in der Natur jedesmal eine Form, eine Gestalt, und diese wieder eine verkörperte, zur sinnlich wahrnehmbaren Erscheinung gekommene Idee des Schöpfers. — Blicken wir mit erfahrenem Auge in den Bildungsgang der Natur, in ihre innere, unaufhörliche Bewegung, in das zusammengreifende Getriebe von Ursachen und Wirkungen, in den wunderbaren Drang der Entwicklung von Krystall, Pflanze und Thier, wo in Zeit und Raum das Einzelne sich unter das Gesetz des Ganzen stellt, wo eine gewisse Vorherbestimmung jedem Atome seinen rechten Platz, jeder Gestalt ihre Einfügung in andere Bildungen anweiset, wo sich im Samenkorn das Bild der ganzen künftigen Pflanze vorbereitet, als schwebe Zukunft und Zweck wie ein Traum im ersten Keime, — schauen wir, wie ein Instinct alle Thiere zwingt, der Natur zu folgen und Nahrung, Fortpflanzung, Selbsterhaltung und Schutz für die Generation so zu verwirklichen, wie es die Natur will — dann erkennen wir in allen Erscheinungen eine Berechnung, Planmäßigkeit und vernünftige Ideenfolge, daß wir über diese Naturweisheit erstaunen und eine denkende Macht anerkennen müssen, welche alle Erscheinungen, Bewegungen und Verwandlungen in der Natur durchdringt — wir entdecken überall einen Vernunftzwang, der allen Naturwesen wie ein bewußtloser Traum innewohnt und sie treibt, Plan und Gesetz zu erfüllen.

Es ist der Geist Gottes, welcher denkend und schaffend die ganze Natur durchdringt, der dem einzelnen Naturwesen bewußtlos bleibt und in ihm nur träumerisch zur Erscheinung kommt, der es aber dem Menschengeiste ge-

stattet hat, aus der Zweckmäßigkeit der Natur den göttlichen Urheber selbst zu erkennen und seine Ideen der Schöpfung und Fortbildung nachzudenken. Dieses Erkennen und Verstehen der göttlichen Ideen in der Natur ist die Wissenschaft von den Naturgesetzen. —

Da alle Erscheinungen der Körperwelt durch eine innere, gedankenhafte Berechnung und Zweckmäßigkeit bedingt werden, so kann man auch mit Recht sagen, daß jede Form, jedes Wesen der Natur eine verkörperte, d. h. Erscheinung gewordene Idee Gottes ist. Die Summe aller Schöpfungsideen ist die Natur selbst.

Alles Formlose kann keinen bestimmten Schöpfungsgedanken ausprägen, es ist nur das rohe Material für die Idee, ähnlich wie das verworren durch einander geworfene Alphabet, worin sich das Material zu Worten befindet — es prägt sich kein Gedanke darin aus; so auch das Formlose in der Natur, es ist ohne Bezug auf das Ganze. Erst durch die bestimmte Form erhält dieses rohe Bildungsmaterial seinen Antheil an der Planmäßigkeit des Ganzen — denn jeder Naturgedanke hat eine bestimmte Form und damit eine Beziehung zur ganzen Schöpfung. — Man würde sich aber sehr täuschen, wenn man glauben wollte, daß diese formlose, rohe Masse, welche noch nicht von irgend einer Idee zur Gestalt geworden ist, eine in der Natur verbreitete sei. Wenn das profane Auge sieht, wie irgend eine Form zerfällt, wie die Pflanze oder das Thier verwesen und die Bestandtheile dieser Körper zerstäuben, zerfließen und nach allen Richtungen hin verwehet werden, dann glaubt es allerdings nur eine formlose, vom Naturleben

einstweilen verlassene Materie zu erblicken, in welcher jetzt kein Schöpfungsgedanken sich kund gebe. Und in der That ist diese Materie auffallend verändert. — Pflanze und Thier bestanden scheinbar aus ganz anderen Formelementen, die einer Lebenskraft gehorchten, welche sie zu Organen bildete, diese bethätigte und bewegte; — die farbenreiche, duftige Blume schien ein ganz anderes Material, eine ganz andere Idee zu haben, als das Häufchen Pflanzenmoder, worin sie, mit Aufgebung aller Form und Eigenschaften, nunmehr zerfallen ist. Sollte das profane Auge hier nicht berechtigt sein zu meinen, eine formlose Masse zu sehen, die keiner bestimmten Idee folgen und angehören könne, da ja der Zufall diesen Moder hier und dort hin wehet und derselbe zeitweise herrenlos ist im Dienste der Natur?

Aber die Wissenschaft vom Naturleben im kleinsten Raume hat uns anders belehrt; — was das unbewaffnete Auge formlos nennt, ist ebenfalls auf bestimmte Formgrenzen beschränkt, die Gestaltung reicht bis in die kleinsten Raumverhältnisse hinein und auch dort verkörpern sich die Ideen der Schöpfung; auch im kleinsten Raume herrscht Plan- und Zweckmäßigkeit und in ihm geht das eigentliche Walten der gestaltenden Kraft vor sich, deren millionenfache Wiederholung im Raume neben einander die große, sichtbare Erscheinungswelt bedingt, denn Thier, Pflanze und Krystall bestehen aus einer unzählbaren Wiederholung und mathematischen Fortbildung dieser Urformen im kleinsten Raume. —

Daraus dürfte schon erhellen, wie wichtig derselbe für

die Erscheinung im Großen ist, wie interessant und aufklärend ein Blick in diese, nicht Jedem erschlossene Werkstatt unsichtbarer Kräfte und Stoffe wird.

Hier im kleinsten Raume tritt uns erst der wahrhafte bestimmte Unterschied zwischen der unorganischen und organischen Natur vor die bewaffneten Sinne. Bekanntlich rechnet man die Krystalle, gemeiniglich Mineralien genannt, zu der unorganischen, die Pflanzen und Thiere zu der organischen Natur. — Im Großen lassen sich beide Reiche sehr leicht unterscheiden, die Pflanzen und Thiere haben so hervorstechende Eigenschaften vor den Mineralien voraus, daß man nicht einmal wissenschaftliche Einsicht nöthig hat, um den Stein, den Krystall, von der Pflanze und dem Thiere zu sondern. — Nicht so leicht wird aber die Unterscheidung dem gewöhnlichen Auge bei kleineren, zweifelhaft geformten Naturkörpern, und es hat schon Wissenschaftsmänner selbst betroffen, daß sie irre waren, ob sie eine kalkige Masse dem Mineralreiche oder dem Thierreiche zuzählen sollten, ja, es entstand zu einer Zeit der Glaube, daß in den kleinsten Raumverhältnissen beider Naturreiche die feste Grenze aufhöre und eine Indifferenz zwischen ihnen eintrete.

Betrachten wir eine lebende Pflanze oder ein lebendiges Thier, so erkennen wir, daß alle Stoffe, welche den organischen Körper bilden, alle Veränderungen in ihnen und sämmtliche chemische wie physikalische Kräfte beherrscht werden von einer geheimnißvollen Macht, welche planmäßig die Stoffe zum Zwecke des Organismus verwendet, ihnen Eigenschaften und Gestaltung giebt, die alle Eigen-

thümlichkeiten und Kräfte, welche den aus der unorganischen Natur entnommenen Elementen innewohnen, gänzlich verwischt oder dem organischen Zwecke unterwirft und aus ihnen ganz neue, specifische Stoffe bildet, die, wie z. B. Holz, Stärke, Eiweiß, Fleisch, Leim, Zucker, Fett u. A., wir nicht künstlich nachzubilden im Stande sind, wie wir es mit den Krystallen bei allen auflösbaren unorganischen Körpern vermögen. Diese geheimnißvolle Macht, welche nach innerem Plane den Organismus bauet, alle Materialien dazu heranzieht oder selbst bereitet, und so zu sagen alle chemischen und physikalischen Prozesse bevormundet, nennt man die Lebenskraft, und ihr Product in der Erscheinungswelt ist der Pflanzen- oder Thierorganismus, deren charakteristische Eigenschaften bekannt sind. Stirbt der Organismus aber ab, entweicht die Lebenskraft aus ihm, dann erwacht die während des Lebens gebundene unorganische Natur wieder in den Elementarstoffen, welche die Lebenskraft heranzog und bezwang, dann erwachen chemische und physikalische Prozesse, welche keine andere Tendenz haben, als den Bau der Lebenskraft zu vernichten und in das Mineralreich als ein Häufchen Asche zurückzuführen, indem alle organischen Stoffe sich lösen, ihre Elemente freigeben, die entweder sich verflüchtigen als Luftarten oder sich neu gestalten zu Krystallen — und endlich alle Spuren einer einst hier herrschenden Lebenskraft verwischen.

Man erkennt aus diesem Vorgange, daß die Grenze zwischen organischer und unorganischer Natur durchaus nicht unübersteigbar ist, daß beide Reiche mit ihren Gesetzen ineinandergreifen können. — Die organische Lebenskraft,

welche sich ihren Organismus gestaltet, nimmt aus der unorganischen Welt alle Elemente zu ihrer Gestaltung, denn auch die organischen Stoffe, wie Eiweiß und Fett, welche sie im Ei vorbereitet, sind aus Elementen gemacht, deren auch die unorganische Natur sich bedient; aber um aus ihnen Eiweiß und Fett zu bilden, bedarf es einer organischen Lebenskraft, welche dieselben dem neuen Organismus fertig überliefert. So lange nun die Elemente der unorganischen Natur von der Lebenskraft angezogen und beherrscht werden, folgen sie dieser dienstbar, aber ihre, dem Organismus feindlichen Eigenschaften schlummern gebunden in ihnen und sie erwachen, sobald die Lebenskraft erschöpft und entwichen ist, mit voller, ursprünglicher Thätigkeit wieder, folgen ihren unorganischen Gesetzen und führen den dabei zerfallenden Organismus in das Mineralreich als ein Häufchen Asche zurück. —

Die Vorgänge im kleinsten Raume des Naturlebens haben über den wahren und scharfbegrenzten Unterschied zwischen unorganischer und organischer Welt eine klarere Ansicht gewährt. Man erkannte, daß der ganze Unterschied beider Natursphären nur in der verschiedenen Verbindung der Elemente zu Körpern und in der verschiedenen Urgestaltung der Körperformen ausgedrückt ist. — Die chemische Analyse der feinsten, nicht mehr trennbaren Theile und das Mikroskop, welches die Formen des kleinsten Raumes vergrößert zur Anschauung bringt, haben darüber aufgeklärt.

Beide Natursphären — die unorganische und die organische — sind demnach verschieden:

1. in ihrer chemischen Zusammensetzung der Materien, woraus sie bestehen, und

2. in ihrer Gestalt, sobald sie die erste Form erhalten und damit in die Planmäßigkeit der Natur eintreten. —

Wenn wir einen organischen Körper finden, welcher dem Auge gar nicht verschieden zu sein scheint von einem unorganischen, der zufällig auch eine ähnliche Gestalt erhalten hat, so hört augenblicklich jeder Zweifel über die Frage, welcher Natursphäre die Körper angehören, auf, sobald sie einer chemischen Analyse unterworfen werden. — In der gesammten unorganischen Natur ist nämlich das Gesetz gültig, daß diejenigen einfachen Körper, welche auf keine, der Wissenschaft bekannt gewordene Weise mehr geschieden und zerlegt werden können, also nicht als zusammengesetzte Körper mehr betrachtet werden dürfen und deshalb chemische Elemente heißen, sich immer und unter allen Umständen, wenn sie mit einander in Verbindung treten, nur zu zweien vereinigen und alle Combinationen deshalb in der Zahl Zwei aufgehen. — Man nennt sie daher binäre Verbindungen. Die einfachen Körper, welche sich als Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff darstellen, können durch ihre mannichfaltigen Combinationen alle Materien der gesammten Natur liefern, die ganze Erscheinungswelt besteht aus ihnen, aber insofern sie die unorganische Natur bilden, folgen sie dem Gesetze der binären Verbindung.

Es können sich immer nur zwei mit einander zu einem neuen Stoffe vereinigen; dieser vermag es nur wieder mit

einem anderen Stoffe, welcher gleichfalls aus zwei Elementen hervorgegangen ist, und so wird eine Reihe von Verbindungen möglich, welche der größten Mannichfaltigkeit fähig ist. Wird deshalb ein unorganischer Körper chemisch in seine Bestandtheile zerlegt, so scheidet er sich zunächst in zwei Stoffe, jeder dieser Stoffe wieder in zwei und so fort, je nach der einfacheren oder complicirteren Zusammensetzung desselben, bis endlich die einfachen Elemente zurückbleiben. — Ein Beispiel kann dieses Gesetz versinnlichen. — Wir haben ein Stück kohlensaures Ammonium vor uns, welches wir in seinen Bestandtheilen kennen lernen wollen. Durch eine chemische Analyse trennt der Körper sich in Ammonium und in Kohlensäure — beide waren also eine binäre Verbindung — das Ammonium scheidet sich aber wieder in Stickstoff und Wasserstoff, — die Kohlensäure dagegen in Kohlenstoff und Sauerstoff — beides wiederum binäre Verbindungen.

Anders verhält es sich mit den organischen Stoffen. Sie verbinden sich nicht in zwei und zwei Elementen, sondern diese treten immer entweder zu dreien oder vieren unmittelbar und gleichzeitig zusammen, nicht in einfachen Zahlenverhältnissen, sondern in den mannichfaltigsten Mischungsproportionen und oft kleinen Bruchtheilen. Aber diese Verbindungen stehen unter dem Einflusse der pflanzlichen oder thierischen Lebenskraft, sie können von der Chemie nicht nachgebildet werden, wie es mit den binären Verbindungen der Fall ist, indem wir ja Salze aller Art krystallisiren lassen können. — Dieselben Elemente, welche in den oben angegebenen Verhältnissen binärer Verbindung das kohlensaure Ammonium bilden, werden in anderen Mi-

schungsverhältnissen, unter dem geheimnißvollen Einflusse der Lebenskraft, zu organischen Materien, zu Holz, Blattgrün, Eiweiß, Fett, Blut, Fleisch u. s. w.

In der unorganischen Welt, wo die Elemente sich nur binär vereinigen, ist eine so große Mannichfaltigkeit in der Gruppirung derselben nicht möglich, wie sie in der organischen Welt allgemeine Regel ist. — Dort ist es nur eine seltene Ausnahme, wol gar noch eine wissenschaftliche Streitfrage, wenn ein Mineral in seiner Verbindung eine mehr als binäre Zusammensetzung zeigt, hier in der organischen Gruppirung der Elemente aber ist dieser Mannichfaltigkeit der größte Spielraum dargeboten, indem sich drei, vier, oft noch mehre Elemente zu einem Körper verbinden und zwar nicht einzeln, sondern immer gruppenweise. — Und dabei ist chemisch erkannt worden, daß die Pflanzen, mit wenigen Ausnahmen, nur aus den drei Elementen: Kohlen- Sauer- und Wasserstoff alle ihre vegetabilischen Stoffe bilden, die man daher ternäre, dreifache, Verbindungen nennt, während in der Thierwelt noch der Stickstoff hinzutritt und nun in unzähligen quaternären, vierfachen, Gruppirungen alle animalischen Materien darstellt.

Nicht nur die Zahl der Atome von jedem Elemente, welches zur organischen Materie beiträgt, sondern auch die verschiedene Lagerung gleicher Zahlen bringt die mannichfaltigsten Gruppen und somit die verschiedenartigsten Pflanzen- und Thierstoffe hervor. Es vermag dieses ein naheliegendes Beispiel versinnlichen zu helfen. — Vereinigen sich unter dem Einflusse der Lebenskraft 3 Atome Sauer-

stoff mit 2 Atomen Wasserstoff und 4 Atomen Kohlenstoff, so ist damit die eigenthümliche Bernsteinsäure entstanden, welche im Bernstein (einem fossilen Producte vor Jahrtausenden untergegangener Harzpflanzen) gefunden wird und die wir trotz genauester Mischung der Elemente niemals nachbilden können, da sich ihre Mischung die Lebenskraft selbst vorbehalten hat. — Setzt die Natur aber zu den oben angegebenen Elementen noch 1 Atom Sauerstoff hinzu, werden es statt drei, nun vier Atome Sauerstoff, so ist damit die Aepfelsäure entstanden. — Setzt die Natur abermals 1 Atom Sauerstoff hinzu, kommen also auf die angegebenen 4 Atome Kohlenstoff und 2 Atome Wasserstoff nun fünf Atome Sauerstoff, so ist damit die Weinsäure gegeben — und unter Zutritt von noch einem Atome Sauerstoff — also 6 im Ganzen — wird Ameisensäure daraus. — Tritt zu den 3 Atomen Sauerstoff, 2 Atomen Wasserstoff und 4 Atomen Kohlenstoff, woraus die Bernsteinsäure besteht, 1 Atom Wasserstoff mehr hinzu, so ist damit die Essigsäure entstanden.

Man erkennt daraus, wie bedeutungsvoll ein Atom mehr oder weniger von irgend einem Elemente wird, um organische Stoffe zu bilden, und wie die geringste Zahlenveränderung in der Quantität derselben Elemente ganz verschiedene Stoffe resultirt, welche sich nicht ähnlich sind und ganz verschiedene Eigenschaften besitzen. —

Aber nicht nur das Mehr oder Weniger von gegebenen Elementen bedingt die Mannichfaltigkeit der organischen Stoffe; — dieselben Quantitätszahlen können nur verschieden neben einander gelagert (gruppirt) sein,

und sogleich sind ganz verschiedenartige Stoffe daraus entstanden. So besteht z. B. das Holz aus 5 Atomen Wasserstoff, 6 Atomen Kohlenstoff und 5 Atomen Sauerstoff — also in Summa aus 16 Elementartheilen. Diese lassen sich auf die mannichfaltigste Weise versetzen; denken wir uns 5 weiße, 5 schwarze und 6 rothe Schachsteine, um dieselben nach Möglichkeit in ihrer Zusammenstellung zu einander auf den Feldern des Schachbrettes zu verändern, so sind wir im Stande, damit mehr als hundert verschiedene Stellungen oder Gruppirungen hervorzubringen. Ebenso verfährt die Lebenskraft in der organischen Natur mit den Elementen und der Zahl der herangezogenen Atome. Dieselben 16 Elementartheile, welche in einer bestimmten Gruppirung zu einander Holz darstellen, geben in einer anderen Lagerung die Stärke, in einer noch anderen Stellung den Zucker. —

Nach dieser Kenntniß kann es nicht mehr verwundern, daß die vieltausendfältigen Stoffe der gesammten Pflanzenwelt aus verschiedenen Zahlen- und Lagerungsverhältnissen der drei Elemente: Kohlen- Wasser- und Sauerstoff hervorgegangen sind.

Ebenso verfährt die Lebenskraft in der Production der thierischen Stoffe, nur noch geheimnißvoller und reicher an complicirten Zusammensetzungen. Außer dem Kohlenstoffe, dem Wasser- und Sauerstoffe tritt hier noch ein vierter Factor, der Stickstoff, in die Zahlen- und Lagerungsverhältnisse ein und die stickstoff- und schwefelhaltigen Stoffe (als thierisches Eiweiß) walten im Thierkörper überall vor.

Im kleinsten Raume also ist der Unterschied zwischen unorganischer und organischer Natur bestimmt ausgesprochen, schon hier zog die schöpferische Weisheit durch ihr Werkzeug, die chemische Kraft, mit mathematischer Einsicht feste Schranken und damit das Gesetz zur ersten Formation des Formlosen zum bestimmten Stoffe. —

Beide Natursphären unterscheiden sich aber auch in ihrer ersten Gestalt, in welcher der bestimmte Stoff zur Körperform wird. —

Ein Körper, eine bestimmte Figur, erfordert Grenzlinien. — Eine gerade Linie, die erste Fortbewegung des mathematischen Punktes, vermag keinen Körper einzuschließen und eine Figur zu bezeichnen — sie läuft in das Unendliche weiter und hat keine Bedeutung für die Körperwelt, als Resultat der Beschränkung im Raume. — Soll eine gerade Linie einen Körper darstellen, so muß sie durchbrochen werden von einer anderen geraden Linie, die einseitige Richtung muß von einer anderen geraden Linie begrenzt, bestimmt werden. Es entsteht der Winkel, die erste Form einer vernünftigen Beschränkung im Raume. —

So verfährt die Natur in der anorganischen Sphäre ihres Wirkens. —

Eine höhere mathematische Bedeutung hat die gebogene Linie als Kreis; — sie läuft in sich selbst zurück und schließt damit einen bestimmten Raum ein, der als Kreis den vollkommensten aller mathematischen Körper, die Kugel, bildet. Winkel und Kugel, die unterste und

die höchste mathematische Form der Raumbegrenzung, beide hat die Natur gewählt, um von vorn herein die anorganische und organische Welt zu unterscheiden und beiden ihre Grundform schon im kleinsten Raume anzuweisen.

Ein von Winkeln bestimmter Körper ist ein unveränderlicher und fest in sich beschränkter; mag er in verschiedenen Richtungen durchschnitten, mag er verdoppelt werden, seine Winkel und Linien bleiben immer maßgebend. — Die Kugel aber, dieser vollkommenste aller mathematischen Körper, schließt alle anderen Körperformen in sich, ist Inbegriff aller mathematischen Grundgestaltungen und der größten Mannichfaltigkeit fähig. Deswegen ist die anorganische Natur an den Winkel gebunden, womit der Schöpfer sie begrenzte, sie kann über den ihr gezogenen Winkel nicht hinaus, während die organische Natur den Kreis und die daraus construirte Kugel zur Urform erhielt, aller Mannichfaltigkeit und Fortbildung dadurch fähig, aber auch zugleich mathematisch über die anorganische Welt erhoben wurde. So wie die Kugel auch alle Winkel in sich begreift, welche der anorganischen Natur Gestalt und Mannichfaltigkeit geben, so vermag auch die organische Natur in ihren Bildungen alle jene Winkelformen zu wiederholen; Pflanze und Thier zeigen in ihren Gestaltungen auch vielfältig die Krystallform, das Quadrat, das Prisma, den Rhombus u. s. w., während das Mineral niemals über seinen Winkel hinauskommen und Kreisform annehmen kann. —

Im kleinsten Raume erkennen wir diesen Formunterschied beider Natursphären klar und scharf ausgeprägt. Wo der Schöpfer in der anorganischen Welt die Elemente zum

bestimmten Stoffe binär vereinigt, da hat er auch dem Stoffe eine Form gegeben, die vom mathematischen Winkel beherrscht wird, welcher in der chemischen Verbindung sogleich die Schranke und somit die Gestalt bestimmt. Je nach der Mannichfaltigkeit oder Verschiedenheit dieser chemischen Combinationen gestaltet sich die Masse, im Augenblicke der Elementarverbindung, zu einem durch gerade, von Winkeln bestimmte Linien begrenzten Körper, zum Würfel, Prisma, Drei- und Vieleck, zur vier- oder mehrseitigen Säule u. s. w. Man nennt diesen Körper: Krystall. Jedwede anorganische Verbindung hat ihre von der Natur vorgeschriebene Krystallform und diese wird unter allen Umständen hervortreten, sobald dieselben Elemente sich binär zu einer chemischen Verbindung vereinigen. Also auch in der anorganischen Natur waltet eine geheimnißvolle Gewalt, welche die kleinsten Theilchen der Körper zwingt, sich nach den Linien einer vorgeschriebenen, mathematischen Figur aneinander zu legen, verschieden nach den jedesmaligen Elementen, welche sich verbinden. Diese geheimnißvolle Kraft müssen wir, gleich der Lebenskraft in der organischen Natur, anerkennen als eine denkende, vernünftige und somit göttliche Handlung, die wir zwar im kleinsten, dem unbewaffneten Auge unzugänglichen Raume so nahe belauschen können, ohne sie ganz zu verstehen, ebenso wenig, wie wir Rechenschaft darüber zu geben vermögen, weshalb diese oder jene Pflanze eine sechseckige Blume habe oder warum die Biene ihre Zellen nicht achteckig statt sechseckig zu bauen den geheimen Instinct fühlt.

Mit dem Krystalle tritt die Natur zuerst in die Form ein, in ihm offenbart sich die erste Planmäßigkeit in den Verhältnissen des Raumes, das erste Gesetz in der Welt der Körper.

In höherer mathematischer Form tritt die organische Natur als erste Körpergestaltung auf. Während sich die binären Elementarstoffe der unorganischen Natur nicht zu vereinigen und zu gestalten vermögen, ohne die Winkelform des Krystalles darzustellen, während noch in der organischen Welt der Pflanzen gewisse Producte der Lebenskraft krystallisiren können, wie Zucker, organische Pflanzensäuren und sogenannte Basen, — sind alle thierischen Elementarstoffe, welche die nächsten und vorwaltenden Massen des Thierkörpers darstellen, wie Eiweiß, phosphor- und schwefelhaltige Stoffe, durchaus unfähig, zu krystallisiren. Nur was vom Thierleben ausgeschieden wird und nicht mehr zur thierischen Masse dient, wie z. B. Harnstoff und Harnsäure, erhalten wieder die Fähigkeit zur Krystallisation, indem sie der unorganischen Natur wieder zustreben, um dieser ihre letzten Elemente, frei vom Zwange der Lebenskraft, wieder zurückzugeben. —

Die erste Form der organischen Welt tritt in der Kugelgestalt auf, als Zelle. So in der Pflanze, wie im Thiere. Die Zelle (Kugelform) ist die Grundform der organisirten und damit höheren und complicirteren Natur. Wie schon erwähnt wurde, können sich auch im Pflanzenleben noch organische Stoffe in Krystallform darstellen, aber wenn man bedenkt, daß die Pflanze vorzugsweise von der Natur angewiesen wurde, die Stoffe ihrer Bildung, Ernährung

und Erhaltung aus dem Mineralreiche zu ziehen und sie erst unter dem Einflusse der Lebenskraft zu ternären organischen Stoffen umzuwandeln, dann kann es nicht verwundern, daß hier noch, wenn auch nur in selteneren Fällen, die eckige Krystallform aus den Elementen hervorbricht. — Im Thierreiche ist dies nicht mehr der Fall, denn dasselbe nimmt alle Stoffe seiner Bildung und Ernährung, außer dem Wasser und einigen wenigen Salzen, nur aus der organischen Natur, das Pflanzenleben liefert dazu die fertigen ternären, das Thierleben selbst die quaternären Elementarverbindungen und mit der Kugelgestalt hebt die Thierform an und alle mannichfaltigen Formen im Kleinsten und Großen sind Fortbildungen, Constructionen der Kugel, der Zelle. —

Ueber das Wesen und die Bedeutung der Pflanzen- und Thierzelle werden wir in einem späteren Briefe die ausführlicheren Erklärungen mittheilen — hier war es die vorläufige Absicht, nachzuweisen, daß die organische Welt in einer anderen und höheren mathematischen Grundform auftritt, als die unorganische Welt. —

Krystall und Kugel (Zelle) sind aber Formen im kleinsten Raume und sie wurden erst in ihrer Wesenheit und Gesetzmäßigkeit wissenschaftlich erkannt, als es dem optisch bewaffneten Auge gelang, in den kleinsten Raum zu blicken. Freilich vermag man Krystalle, die sich ja in der Natur als große Körper vorfinden, in die Hand zu nehmen und deren mathematische Form in großen, räumlichen Umrissen zu betrachten, aber die sichtbare Größe eines Krystalles ist nichts weiter, als eine vieltausendfache

Wiederholung der ursprünglichen Krystallform im kleinsten Raume, diese Urform hat sich in einer flüssigen, also formlosen Masse in äußerst feinen, mathematischen Figuren gestaltet und indem sich deren immer neue und gleiche aneinander legen, bilden sie den großen, sichtbaren, krystallisirten Körper. Daß dieser aber durch und durch aus solchen kleinen Krystallen besteht, daß der vorgeschriebene Winkel durch die ganze Masse bestimmend ist, das vermag man oft schon zu beobachten, wenn man einen durchsichtigen Krystall gegen das Licht hält und langsam umdreht — dieselbe mathematische Regelmäßigkeit in Ecken, Kanten und Flächen, welche äußerlich den Krystall charakterisirt, erblickt man auch in der inneren Masse desselben, so daß diese aus vielen gleichen Ecken, Kanten und Flächen zusammengesetzt erscheint und wenn man den Krystall zerschlägt, so zersplittert er in Bruchtheile, welche dieselbe regelmäßige Gestalt haben, wie der ganze größere Körper, welchen wir vorhin vor das Licht hielten. — Aber auch diese Bruchtheile bestehen wieder aus kleineren, gleichgestalteten Krystallen, diese wieder aus kleineren, bis in den kleinsten Raum hinein, wo die geheimnißvolle Schöpferkraft die erste mathematische Grundform bildete. Diese erste Gestaltung kann das bewaffnete Auge aber sehen, wenn man ein Stückchen Krystall auflöset, wodurch die binären Verbindungen getrennt werden und wieder in das Formlose, Flüssige, zurückkehren, weil die Auflösung die Atome von einander entfernt und ihre anziehende Kraft schwächt. Nimmt man von dieser Auflösung ein Tröpfchen auf einem Glasstreifen unter ein gutes Mikroskop und läßt es hier verdun-

sten, dann tritt ein Moment ein, wo die Atome, durch Austreten der Flüssigkeit, sich einander wieder nähern und ihre binäre Anziehungskraft gegenseitig äußern können und wie durch einen Zauberschlag lagern sich die Atome in der gesetzlichen, mathematischen Ordnung an einander, der Krystall im kleinsten Raume ist fertig und er vergrößert sich, scheinbar wachsend, zur sichtbaren, auch dem unbewaffneten Auge sich darbietenden Figur, indem sich unzählige gleichgeformte Krystallkörper, ebenfalls in mathematischer Regelmäßigkeit, aneinander legen und die ursprüngliche, mikroskopische Figur des kleinsten Raumes nunmehr im Großen wiederholen. —

Ebenso verhält es sich mit der organischen Zelle. Auch sie gehört dem kleinsten Raume an; indem sich unzählige Zellen aneinander lagern, indem sie verschmelzen, sich zu hohlen Röhren, soliden Fasern, Vielecken oder Flächen fortbilden, oder als sphärische Körper in den Säften der Pflanzen und Thiere schwimmen, formen sie alle Gestalten und Gewebe, aus welchen die organische Natur dargestellt ist. — Auch hierüber wird ein späterer Brief die ausführlicheren Aufschlüsse geben. —

Im kleinsten Raume haben wir also den wichtigen und scharfbegrenzten Unterschied zwischen unorganischer und organischer Natur erkennen können. — Dieser kleinste Raum wird uns noch bedeutungsvoller werden, wenn wir erst die merkwürdigen Gesetze und Lebensbewegungen angeschauet haben, die in ihm walten — wenn wir erst völlig verstehen lernen, wie der kleinste Raum die eigentliche Werkstatt des göttlichen Weltbaumeisters

ist, worin er mit Weisheit und einer, der vernünftigen Planmäßigkeit unterworfenen, aller Willkür entäußerten Allmacht wirkt und allaugenblicklich die Natur aufbauet. — Hier in dieser Werkstatt, welche der menschliche Geist mit dem Schlüssel der Wissenschaft kühn und bewundernd sich erschloß — tritt unsere Forschung nahe vor die erste Anlage der großen Erscheinungswelt, hier schauet unser Auge die erste Mischung und Gestaltung der Natur ganz in der Nähe, das Wunder der Schöpfung löset sich uns zu einem lebendigen Gemälde waltender Urkräfte, strenger Planmäßigkeit, gesetzlicher Bewegungen und Körperformen auf, wir sehen den ersten Anfang aller Naturmannichfaltigkeit in scharfgezeichneten, festen und wenigen Umrissen enthüllt und, so nahe der wirkenden Hand Gottes, schauen wir doch nur die ersten Wirkungen der geheimnißvollen Macht, welche, wie ein unsichtbares denkendes Wesen, jedes Atom zwingt, dem Bildungsgedanken träumerisch zu gehorchen. —

Diese Welt im kleinsten Raume hat man, im Gegensatze der großen Erscheinungswelt, den Mikrokosmus genannt, während das große Bild des Universums mit seinen rollenden Weltkörpern und den durch ungemessene Bahnen fortwirkenden Kräften und Gesetzen als Makrokosmus bezeichnet wird. Ueber diesen letzteren, das große Weltgebäude, klären uns die Wissenschaften der Astronomie, Geologie, Pflanzen- und Thiergeographie u. s. w. auf, sie umfassen das ganze Große der Erscheinungswelt im weiten Maßstabe und in ausgedehnten Gruppen des größten Raumes. — Der Mikrokosmus dagegen, obgleich er im ganzen

unermeßlichen Weltgebäude in jedem Punkte der Erscheinungen vorhanden und zu finden ist, will aber erst gesucht und mit bewaffnetem Auge der Wissenschaft angeschauet sein, er erfordert, um richtig verstanden zu werden, den vorhergegangenen Blick in die großen, makrokosmischen Erscheinungen der Natur, vermag aber dann ein erklärendes und erläuterndes Spiegelbild in das Leben des Makrokosmus zurückzuwerfen und durch die Erscheinungen im kleinsten Raume die Möglichkeit und Gesetzmäßigkeit vieler Phänomene des größten Raumes verständlich zu machen. —

Dieser Mikrokosmus — diese Welt im Kleinen — ist der Gegenstand meiner hier veröffentlichten Briefe. Die Erscheinungen im kleinsten Raume und die darin sich kundgebenden Gesetze wollen wir näher betrachten und sie werden uns um so interessanter und wichtiger sein, wenn sie das Wunderbare und Geheimnißvolle in feste, einfache Vorgänge des Naturlebens auflösen und in dem so lange unsichtbar gebliebenen Reiche des kleinsten Raumes, das von Phantasie und kühnen Folgerungen als eine dunkle, chaotische oder willkürlichen Machtäußerungen des Schöpfers unterworfene Welt unbestimmter Atome gedacht zu werden pflegt — die größte Ordnung, Planmäßigkeit und eigentliche Werkstatt der Naturmächte nachweisen. — Aus dieser Sphäre des kleinsten Raumes hat die Naturwissenschaft ihre bedeutendsten Aufschlüsse für die Erklärung der Körperwelt geschöpft, denn seitdem das verbesserte Mikroskop im Stande war, den kleinsten Raum ohne optische Täuschung millionenfältig zu vergrößern, ist dem forschenden Auge eine ganz neue Welt früher ganz unbekannter Gestalten, Kraftwirkungen und Lebenspro-

zesse aufgegangen, ein Reich neuer Erscheinungen, welches ebenso überraschend und für die gesammte Wissenschaft aufklärend und ergänzend war, wie die Entdeckung eines neuen Erdtheils mit allen seinen fremden Gestalten von Bergen, Pflanzen und Thieren. In diese neue Welt des kleinsten Raumes traten die Männer der Wissenschaft, die Anatomen, Physiologen, Chemiker ꝛc. mit demselben Staunen ein, wie die ersten Europäer, als sie den Fuß an das amerikanische Land setzten und eine Märchenwelt fabelhafter Landschaften, wunderbarer Pflanzen und Thiere vor sich liegen sahen — aber diese Wunderwelt zeigte sich bald dem späteren Forscher, trotz aller neuen und ungeahnten Erscheinungen, als ein innerlich mit dem Ganzen der Natur verknüpftes Glied, welches die übrige Erscheinungswelt ergänzte, nunmehr als nothwendig erschien und ein neues Licht des Verständnisses auf das längst Bekannte zurückwarf.

So verhielt es sich auch, als die Naturforscher an die Grenze des kleinsten Raumes traten und eine neue Welt wunderbarer Lebensformen vor ihnen sichtbar wurde. Auch sie erkannten bald, daß hier eine Natur herrsche, in welcher die Ordnung und Planmäßigkeit des großen Ganzen sich wiederhole, daß hier eine und dieselbe Reihe von Kräften und Wirkungen walte. — Ja! diese Kräfte traten offener, unmittelbarer vor die Sinne, da sie sich in den zartesten, durchsichtigsten Stoffen offenbarten und eben nur das feinste stoffliche Gewand trugen, wodurch sie sinnlich wahrnehmbar wurden. — Hier erschienen Kraft und Stoff, in ihrer ersten einheitlichen Geburt als Naturform, unmittelbarer und unverhüllter als in den, die großen Räume ausfüllenden Phä-

nomenen, wo die Kräfte große Massen bewegen — hier im kleinsten Raume fand man endlich die letzten Ursachen aller Naturwirkungen und lernte daraus die Erscheinungswelt in ihren Urphänomenen verstehen und erklären.

Aber der Mikrokosmus ist nicht nur eine Welt der strengen, gesetzlichen Beschränkung des kleinsten Raumes, worin die Gestalten der Natur ihre erste gezwungene Bestimmung mathematischer Construction erhalten, er ist auch *eine Welt der Mannichfaltigkeit und der Schönheit, der Empfindung und des Lebensgenusses* — hier im kleinsten Raume wohnen auch Geschöpfe, welche des Lichtes und der Wärme sich freuen, Gefühle von sich und der Außenwelt haben, Willkür äußern, ihre Nahrung suchen und durch ihre Bewegungen und Wimperspiele das forschende Auge angenehm ergötzen — hier leben Pflanzen und Thiere in den zartesten, krystallhellen oder farbenreichen Bildungen, welche in optischer Vergrößerung kunstvollen Zeichnungen und kaleidoskopischen Figuren gleichen; ein trüber Fleck im Wassertropfen, ein grünlicher oder röthlicher Schimmer löst sich unter dem Mikroskope auf in eine Unzahl von Geschöpfen, die im kleinsten Raume ihre ganze Welt und oft in wenigen Stunden die ganze Dauer ihres Daseins finden. —

Die bisher mitgetheilten, allgemeinen Anschauungen des kleinsten Raumes dienten als eine nothwendige *Einleitung* zu den folgenden, spezielleren Naturansichten von dieser, dem gewöhnlichen Auge unsichtbaren Welt. — Wie der Fremdling sich in einem, zum ersten Male betretenen Lande besser und sicherer zurecht finden kann, wenn er zuvor einen Blick auf die Landkarte geworfen und Berge, Wege, Städte und

Gewässer in allgemeinen Linearandeutungen überblickt hat, so bedurfte auch der Fremdling, indem er das Gebiet des kleinsten Raumes, wenn auch an der Hand eines Führers, betritt, zuvor eines Ueberblickes und einer Unterweisung in den hervorstechendsten Eigenthümlichkeiten und den vorwaltenden Erscheinungen dieses Gebietes. Es mußte vorbemerkt werden, daß der Fremdling hier eine bestimmte Ordnung und gesetzliche Verfassung antrifft, daß er auch im seither unsichtbaren Punkte der Natur einer unorganischen und organischen Welt begegnet, daß er auch hier, gleich dem Wanderer unter fremdem Himmel, von noch unbekannten Erscheinungen überrascht wird und den geheimen Kräften der Schöpfung nahe tritt, wo nur ein zartgewebter Schleier die Gottheit verhüllt und deren unmittelbare, schaffende Thätigkeit aus ihren ersten Wirkungen erkennen läßt. —

Mit diesen Vorkenntnissen führe ich nun meine erwartungsvollen Begleiter in das spezielle Gebiet des kleinsten Raumes und zwar an der Hand der Erfahrung ein. —

Zweiter Brief.

Wie der Architekt sein hohes Gebäude aus einer vielzähligen Menge verschieden geformter und in Größe und Gestalt berechneter Bausteine errichtet, wo jeder einzelne einem vorliegenden Plane dient und an seiner vorgezeichneten Stelle das Ganze vollenden helfen soll, so bauet auch die unsichtbare Hand der Natur ihr Weltgebäude aus kleinen Theilen zusammen, die man als Elemente zu bezeichnen pflegt. Schon in unserem ersten Briefe haben wir von Elementen oder Atomen gesprochen, welche als die einfachsten, nicht mehr zerlegbaren und von aller Verbindung mit anderen Stoffen freien Körper bezeichnet wurden.

In alten Zeiten glaubte man die ganze Erscheinungswelt aus einigen wenigen Stoffen zusammengesetzt, welche sich dem rohen Sinne als allgemein wirkende und von einander auffällig verschiedene Körper darstellten. Alle unzählige Naturkörper, welche die Erde — das Reich unserer menschlichen Forschung — darbietet, lassen sich alsbald in drei Formen unterscheiden, die als fest, flüssig oder luftförmig erscheinen und schon dem unwissenschaftlichen Urtheile die Ver-

muthung aufdrängen, daß die Masse des Festen viel enger und in ihren Bestandtheilen anhänglicher verbunden sein müsse, als die flüssige oder gar luftförmige Masse, da es ja weit mehr Anstrengung erfordert, ein Stück Eis oder Holz zu spalten, als das Wasser oder die Luft zu durchschlagen und zu theilen. Unsere heutige Wissenschaft erkennt eine eigenthümliche Kraft an, welche den einzelnen Theilen irgend welchen Körpers innewohnt und dieselben zu einer gegenseitigen Anziehung bethätigt, sobald sie in eine gewisse Nähe zu einander gebracht worden sind. Man hat diese Thätigkeit die Cohäsionskraft genannt und schon aus dem äußeren Verhalten der Körper im Vergleiche zu einander ist zu erkennen, daß die Theilchen des Holzes und Steines, des Goldes oder Eisens diese Cohäsionskraft in einem weit höheren und auffälligeren Grade äußern, als Wasser oder Luft. Je nach dem Maße dieser Kraft erscheinen alle zahllosen Körper der Natur in den drei Zuständen des Festen, Flüssigen und Luftförmigen, die man Aggregatzustände genannt hat, um damit im Allgemeinen den Grad der Dichtigkeit und festeren oder lockereren Lagerung der kleinsten Theilchen, woraus die Körper bestehen, zu bezeichnen.

Da wir es im kleinsten Raume auch mit den kleinsten Theilchen zu thun haben, so ist es zunächst unsere Aufgabe, zu wissen, was die kleinsten Theilchen sind und welche Eigenschaften ihnen zukommen. — Wir haben sie schon in unserem ersten Briefe vorübergehend Elemente und Atome genannt und sie als chemische Grundbestandtheile, wie als formelle Grundtypen der Körperwelt charakterisirt. — Unsere Vorfahren, denen überhaupt der Blick in den kleinsten

Raum gänzlich verschlossen geblieben war, weil ihnen hier, noch mehr als im großen, kosmischen Raume, die raumdurchdringenden Instrumente fehlten, machten sich eine ziemlich rohe Ansicht von den Elementen und deren Verschiedenheit. — Erde, Wasser und Luft, als die verbreitetsten und durch ihre Eigenschaften unterscheidbarsten, führten schon im Alterthum zu der Annahme, daß alle festen Naturkörper aus Erde, alle flüssigen aus Wasser, alle luftförmigen aus atmosphärischer Luft entstanden seien, während in der Erscheinung des Feuers der schaffende Naturgeist geahnt und geheimnißvoll gedeutet wurde.

Die neuere Wissenschaft hat diese vier alten Elemente unserer Vorfahren längst als Sinnbilder zu betrachten gelernt, die nichts mehr und weniger als die Aggregatzustände der Naturkörper versinnlichen. Die eigentlichen Elemente oder einfachsten Körper sind weit zarterer Natur und stellen sich als Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff dar und so können wir auch das Feuer nur als ein Symbol jener geistigen Gewalten, die wir Naturkräfte nennen, deuten, denn es ist nichts anderes, als die von einem wichtigen chemischen Prozesse, dem Zutritte des Sauerstoffes zu irgend einem anderen Körper, hervorgerufene Erscheinung, welche wir in ihren Wirkungen auf unsere Sinne mit Licht und Wärme bezeichnen. Feuer, Wasser und Luft sind aber bei den meisten chemischen Vorgängen in der Natur wichtige Faktoren und als solche mögen sie unseren Vorfahren auch bedeutungsvoll genug erschienen sein, um die ihnen einst zugewiesene Elementar-Rolle in der alten Wissenschaft zu erhalten. —

Geheimnißvoll und wie ein hinter den Erscheinungen

wirkendes, in den Theilchen des kleinsten Raumes unmittelbar thätiges, geistiges Wesen tritt uns die Summe der Naturkräfte entgegen. Um die mannichfaltigen Wirkungen derselben und ihre Gesetzmäßigkeit in der Causalität verstehen zu können, hat man verschiedenartige Naturkräfte unterschieden und in der That wird das minder erfahrene Auge eine ganz andere Kraft im Niederfallen der Körper zur Erde, als im magnetisch gewordenen Eisen erkennen wollen — es wird eine andere Kraft wirksam sehen, wenn das Eisen rostet und sich mit dem Sauerstoff der Luft innig zu einem Körper mit neuen Eigenschaften verbindet, als im electrischen Strome, welcher plötzlich diese Verbindung wieder frei macht; es wird die Kraft, welche das Eisen magnetisch in die bestimmte Richtung nach Norden treibt, eine ganz andere erscheinen, als diejenige, welche das feste Eisen in den flüssigen Zustand des Schmelzens versetzt. Auch die Wissenschaft hat diese verschiedenartig sich darbietenden und unter mancherlei speziellen Bedingungen thätigen Naturkräfte einzeln zu betrachten; aber es ist mehr als wahrscheinlich, daß alle diese mannichfaltigen Naturkräfte aus einer gemeinschaftlichen Quelle fließen und daß wir sie ebenso als verschiedene Aeußerungen einer und derselben Grundkraft aufzufassen haben, wie in uns selbst die Einbildungskraft, die Willenskraft, die Urtheilskraft, die Denkkraft, die anziehenden und abstoßenden Kräfte der Liebe und des Hasses ꝛc. als modificirte Actionen des einen Geistes erscheinen, der uns durchdringt und unser eigentliches Wesen ist. — Als ein Symbol dieser geistigen Naturgewalt können wir das vierte Element der Alten, das Feuer, deuten — unsere wirklichen Elementarstoffe haben wir aber,

hinter dieser gröberen Erscheinung der Aggregatzustände, im kleinsten Raume zu suchen. —

Um auf die Spur der Elemente zu kommen, fragen wir zunächst, woraus die Naturkörper bestehen? Auf diese Frage vermag die Chemie unserer Tage eine zuverlässige Antwort zu geben, indem die scheidekünstlerische Analyse alle zusammengesetzte Naturkörper sehr genau zu trennen und ihre Bestandtheile nach Qualität und Quantität zu vereinzeln versteht. Man gelangt bei dieser Trennung des Körperzusammenhanges zunächst auf Stoffe, welche die „näheren" Bestandtheile genannt werden, weil sich dieselben noch weiter zerlegen lassen, bis man endlich auf einfache, nicht mehr zerlegbare Körper stößt, die als chemische Elemente bezeichnet werden und von denen man jetzt schon mehr denn sechzig kennt. —

Wie schon angedeutet wurde, herrscht in der Verbindung dieser einfachen Körper zu irgend einer zusammengesetzten Masse ein bestimmtes Gesetz, welches in der anorganischen und organischen Natur seinen jedesmaligen festen Ausdruck hat. Während in dem Reiche der Mineralien immer nur zwei und zwei Elemente sich vereinigen können und auf diese Weise, durch eine Reihe binärer Verbindungen, alle mannichfaltigen, zusammengesetzten Körper der anorganischen Natur entstehen, suchen sich in der Pflanzenwelt je drei Elemente und in der Thierwelt je vier Elemente zu ternären und quaternären Verbindungen und in viel complicirteren Zahlenverhältnissen auf. Man hat diese Thätigkeit die chemische Kraft — oder, weil diese Vereinigung eine größere oder mindere Neigung der Elemente zur Verbindung erkennen läßt — chemische Verwandtschaft genannt. Gewisse

Elemente verbinden sich, wie durch einen geheimen Zug der Sympathie, schneller und inniger mit einander, als gewisse andere, ja! es geht dieses verwandtschaftliche Streben nach Vereinigung so weit, daß ein schon mit einem anderen Elemente verbundener einfacher Körper seine Verbindung losläßt, wenn er einem solchen begegnet, der mit ihm in einem stärkeren, sympathetischen, chemischen Verwandtschaftsverhältnisse steht. Setzen wir zum Beispiel ein Stück Eisen dem Wasser aus, so wird es rosten; — es haben sich mit dem Eisen Sauerstoff und Wasser zu einem Körper vereinigt, den man Rost nennt und dieser wiegt nun ebenso viel schwerer, als sich mit dem Eisen meßbare Gewichtstheile Sauerstoff und Wasser verbunden haben. Lassen wir aber Gold noch so lange im Wasser liegen, es wird nicht rosten und bezeugt damit, daß es zu Sauerstoff und Wasser nicht die mindeste Verwandtschaft hat. — Ein Körper, welcher in seinem gewöhnlichen Temperaturzustande eine nur mäßige Verwandtschaft zu einem anderen einfachen Körper zeigt, vermag zu einer stärkeren Verwandtschaft zu erwachen, wenn sein Zustand, wie z. B. durch ungewöhnliche Temperatur, verändert wird. — Das Eisen kann uns hier gleich wieder als Objekt dienen. Lassen wir dasselbe noch so lange in trockner Luft liegen, so wird es zu dem Sauerstoffe in derselben keine Verwandtschaft zeigen, das heißt mit praktischen Worten: es wird sich am Eisen keine äußere Rinde von Hammerschlag bilden. Hammerschlag ist nämlich eine Verbindung von Eisen und atmosphärischem Sauerstoff in wägbaren Gewichtstheilen. — In dem Eisen erwacht aber diese Verwandtschaft alsbald, wenn es der Glühhitze ausgesetzt ist, während wir

Gold ebenfalls glühen können und doch keine Verbindung mit Sauerstoff gewahren werden.

Diese chemische Verwandtschaft in der Natur spielt dieselbe bedeutungsvolle Rolle wie Liebe und Haß, Neigung und Gleichgültigkeit in der Menschenbrust. — Wie wir oft erst in höherer Temperatur des Lebens für ein anderes Wesen empfänglich werden, wie wir oft erst der vermittelnden Verwandtschaft zu einem Dritten bedürfen, um von einem Andern angezogen zu werden, so waltet auch der Naturgeist, durch sein Gesetz der chemischen Verwandtschaft oder Affinität, über die einfachen Körper, aber sein Gesetz ist unabänderlich streng, jegliche Willkür bleibt in dieser Welt der Elemente ausgeschlossen und der menschliche Geist vermag dieselben nur in so weit seinem Willen dienstbar zu machen, als er ihre Freund- und Feindschaft versteht und benutzt. — Diese Freundschaft der Elemente beruhet aber auf dem Prinzipe der *Ungleichheit*, denn je unähnlicher zwei Naturkörper sind, um so stärker ist die Anziehungskraft ihrer chemischen Verwandtschaft, je ähnlicher, um so schwächer wirken sie anziehend auf einander. — Und verhält es sich mit den anziehenden und abstoßenden Regungen des menschlichen Herzens bei näherer Prüfung wol anders? —

Diese chemische Kraft, deren Wirkungen wir im Großen schauen und unseren technischen Zwecken so vielfältig dienstbar zu machen wissen, ist aber recht eigentlich eine Thätigkeit im kleinsten Raume. — *Nicht* in großen, sichtbaren Massen und aus weiten Entfernungen wirken die Elemente anziehend oder abstoßend auf einander — sondern immer nur in den *kleinsten*, nur dem bewaffneten Sinne wahrnehm-

baren Theilchen, die man Atome nennt, und auch immer in einer nächsten, dem kleinsten Raume angehörigen und in ihm vermittelten Berührung. Auch hier im kleinsten Naturraume hat die Wissenschaft zu schauen, zu wägen und zu messen gelernt, hier hat der Chemiker zunächst das Naturgesetz erkannt, daß alle Elementarverbindungen, aus welchen die ganze Erscheinungswelt im Großen hervorgegangen ist und sich erhält, allezeit in unabänderlichen, festen Gewichtsmengen stattfinden und daß jedem einzelnen Körper ein bestimmtes, entweder größeres oder geringeres Gewicht vorgeschrieben ist, mit welchem er ohne Ausnahme allemal in irgend eine chemische Verbindung eintreten muß.

Ein jeder Körper hat sein specifisches Gewicht — das heißt: gleichgroße Stücke oder Raumtheile verschiedener Körper wiegen verschieden. Jeder Gebildete weiß, daß Eisen schwerer als Wasser ist, daß Eis, welches als leichterer Körper auf dem Wasser schwimmt, in Spiritus untersinkt und also schwerer erscheint; schon das bloße Gefühl der prüfenden Hand verräth uns, daß ein Stück Platin oder eine gleichgroße Masse Quecksilber schwerer ist, als ein Stück Eisen, welches gleichen Raum einnimmt. Um ein bestimmtes Zahlenverhältniß für die Wissenschaft zu gewinnen, hat man das specifische Gewicht des Wassers als Einheit angenommen, indem man 100 Gran desselben räumlich abmißt und nun absieht, wie viel andere Stoffe, welche genau denselben Raum füllen, an Gewicht betragen. Eis wird dann um 10 und Spiritus um 20 Gran weniger als Wasser wiegen, während Eisen 7½mal, Quecksilber 13½mal, Silber 10mal und Gold 19mal schwerer als Wasser sind. — Da

alle einzelnen Körper sich immer nur in bestimmten Gewichtsmengen verbinden können, jeder Elementarkörper aber sein festes specifisches Gewicht hat, so sind diese Naturgesetze für die Wissenschaft von Wichtigkeit geworden und der Chemiker weiß sich im kleinsten Raume der Atome ebenso sicher mit der Waage zurecht zu finden, wie der Pilot auf dem unabsehbaren Raume des Weltmeeres mit dem Compaß. — Erst nachdem der Naturforscher die chemische Waage anzuwenden verstand, lernte er die wahre Zusammensetzung der Körper kennen.

Auf diesem Wege der Beobachtung begegnete dem wägenden Chemiker der mit dem Mikroskope bewaffnete Naturforscher, dem durch das optisch vervollkommnete Instrument eine neue Welt der mannichfaltigsten Gestalten und Bewegungen erschlossen wurde. — Das Mikroskop lehrte kennen, daß mit der ersten chemischen Verbindung der Atome, also mit dem ersten Resultate der atomistischen Verwandtschaft, sogleich eine bestimmte Gestalt gegeben sei, daß mithin schon im ersten Begegnen der einfachen und kleinsten Körper eine Idee der Form vorschwebt, welche die Atome zu einer bestimmten Lagerung neben einander zwingt und dem kleinsten Raume die Schranke vorzieht. Die Sympathie befreundeter Elemente unterwirft sich hiermit dem Raumgesetze der Form und wo ein einfacher Körper aus seiner atomistischen Isolation heraustritt, dem Zuge der chemischen Verwandtschaft folgt und einen zusammengesetzten Körper bilden hilft, da stellt er sich auch gleichzeitig unter den gestaltenden, raumbeschränkenden Zwang des Naturgeistes.

Die Eigenschaften der Elemente sowol wie ihre Zu-

stände, in welche sie einzutreten fähig sind, diese eigentlichen Bedingungen und Thätigkeiten der Körper im kleinsten Raume, sind maßgebend für die Erscheinungen im Großen. Ohne die in den Atomen wirkende Cohäsionskraft würde keine Festigkeit, Verschiedenheit und Wandlung der Naturkörper stattfinden können. Denn wenn diese geheimnißvolle Kraft nicht die einzelnen Theilchen zusammenhielte, so würde die ganze Erscheinungswelt auseinander fallen und in ein Chaos verwandelt werden. — Diese merkwürdige Kraft, welche sich in festen Körpern weit mächtiger darstellt, als in flüssigen oder luftförmigen, kann aber auch durch Einflüsse und Thätigkeiten, welche in der Natur walten, verändert werden. Sie wird geschwächt durch Erwärmung und Auflösung, sie wird wieder in ihrer Anziehungskraft gesteigert durch Abkühlung des Körpers und Verdunstung der auflösenden Flüssigkeit.

Wenn wir gewahren, daß im Winter oder im hohen Norden das Wasser in dem verdichteten Zustande des Eises sich befindet, daß dasselbe im Sommer sich wieder in flüssiges Wasser auflöset und in höherer Temperatur (mag dieselbe durch Sonnenstrahlen oder Feuer vermittelt sein) sich in Wolkendunst oder Dampf verdünnt, der nun wieder bei Abkühlung als Wassertropfen niederfällt oder an einer kalten Glasscheibe sich zu tropfbarer Flüssigkeit verdichtet, so werden wir sogleich auf die Vermuthung geleitet, daß die Zu- oder Abnahme der Wärme es sein müsse, welche das Wasser in die drei verschiedenen Aggregatzustände des Festen, Flüssigen und Luftförmigen einführe. Und so verhält es sich auch, wie die Wissenschaft erfahrungsmäßig erkannt hat. Wir sehen näm-

lich in den Erscheinungen im Großen nichts anderes, als die Wirkung eines im kleinsten Raume waltenden Gesetzes, welches lautet: Wärme dehnt alle Körper aus — Abkühlung (Kälte) zieht sie zusammen. —

Ausdehnung und Zusammenziehung sind aber nur Bezeichnungen dieser Erscheinungen im Großen; wir sehen, daß Ausdehnung die Körper lockerer macht, Zusammenziehung sie verdichtet — auf unsere Frage über die letzte Ursache dieser Zustandsveränderung werden wir abermals von der Wissenschaft an den kleinsten Raum gewiesen. — Und hier erkennen wir, daß die Atome der Körper durch Wärme von einander entfernt, durch Abkühlung aber genähert werden. — Da die Atome der inwohnenden Cohäsionskraft gehorchen, da sie ferner unter dem Gesetze der chemischen Kraft, oder Verwandtschaft stehen, so muß die Wärme demnach beiden Kräften entgegenwirken, und dieses thut sie denn auch dadurch, daß sie die Atome räumlich von einander entfernt. — Es wurde bereits im Vorübergehen angedeutet, daß die chemische Verwandtschaft immer nur in der größten Nähe der Körperatome wirkt, daß sie nur dann in Action tritt, wenn sich zwei Körper innig berühren. Indem nun Wärme die Atome von einander entfernt, wodurch eben der Körper ausgedehnt erscheint, hebt sie die innige Berührung derselben auf, die nur in größter Nähe wirkende chemische und Cohäsionskraft gerathen außer Thätigkeit, indem sich die entfernten Atome nicht mehr erreichen können und aus dem Bereiche ihrer Anziehung herausgetreten sind; ihre Verwandt-

schaft erlischt, ihre Cohäsion ist lockerer, ihr Aggregatzustand hat um ebenso viel an Dichtigkeit verloren. —

Dieses Gesetz steht durchaus nicht im Widerspruche mit der früheren Angabe in diesem Briefe, nämlich daß ein höherer Temperaturzustand der Körper auch neue Verwandtschaften zu wecken vermöge, wie wir das Beispiel am Eisen und Hammerschlage fanden. Indem die Wärme die Verwandtschaft des Eisens zum Säuerstoffe der Luft weckt, die in gemeiner Temperatur nicht vorhanden war, hebt sie eine andere abstoßende, chemische Kraft auf und führt bisher gleichgültig an einander kommende Atome in das nächste Gebiet ihrer Anziehung. Indem die Wärme chemische Verbindungen löst, macht sie die befreieten Elemente zu anderweitigen Anschließungen fähig; die einem dritten Elemente hinderlich gewesene Verwandtschaft eines zweiten zum ersten, hört auf und das eine oder andere kann seinem nunmehrigen Verwandtschaftszuge zum dritten folgen.

Der Ausdehnung durch Wärme unterliegen alle Körper der Natur, selbst die härtesten und scheinbar unveränderlichen. Nur eine Ausnahme hat die weise Verwaltung der Natur getroffen, eine Ueberschreitung des allgemeinen Gesetzes — die, so bedeutungslos sie uns auch auf den ersten Anschein vorkommen mag, doch in ihren Folgen von der höchsten Wichtigkeit und ein bewunderungswürdiges Beispiel von der göttlichen Weisheit geworden ist. Wasser wird nämlich durch Kälte ausgedehnt — das ist die Ausnahme vom allgemeinen Wärmegesetze und zugleich die Ursache von der Bewohnbarkeit der Erdgegenden, wo es Eis im Winter giebt. Während bei allen anderen Flüssigkeiten die Dichtigkeit in

gleichem Grade mit der Abkühlung zunimmt, findet beim Wasser die Eigenthümlichkeit Statt, daß es bei 4 Grad Wärme (Celsiusthermometer) seine größte Dichtigkeit erreicht und bei zunehmender Abkühlung wieder anfängt, sich auszudehnen. — Die bedeutungsvollen Folgen dieser scheinbar unerheblichen Gesetzausnahme erregen unsere Bewunderung. Da unsere Gewässer vorzugsweise durch die kalte Luft, also an ihrer Oberfläche abgekühlt werden, so sinkt das kältere und mithin schwerere Wasser in tiefere Schichten herab, während das tiefere, wärmere und leichtere an die Oberfläche steigt und hier ebenfalls abgekühlt wird. So wie aber das Wasser eine durchgängige Abkühlung bis auf 4 Grad Wärme erreicht hat, dann hört dieser circulirende Austausch zwischen oberen und unteren Schichten auf, das Wasser fängt unter 4 Graden an, sich auszudehnen, das kältere Wasser tritt an die Oberfläche, bildet hier, im Kältegrade des Gefrierens, Eis, während in geringer Tiefe die Wasserschicht immer eine Temperatur von 4 Graden Wärme behält. — Stände auch das Wasser unter dem allgemeinen Wärmegesetze, könnte es bis zum Gefrierpunkte, gleich anderen Flüssigkeiten, immer dichter werden, dann würde jeder Frost alle unsere Gewässer bis auf den Grund in Eismassen umwandeln, es würde unser Klima der gemäßigten Zone ein Polarland voll unwirthsamer Eisgründe werden. — So folgt aus einer gesetzlichen Unregelmäßigkeit im kleinsten Raume eine für Vegetation, Thierleben und Menschenwohl bedeutsame Erscheinung im großen Bilde der Natur. —

Die Wärme dehnt aber selbst die festesten Körper nicht nur aus, sondern sie vermag auch in höheren Graden den

Aggregatzustand derselben ganz zu verändern, indem sie feste, harte Massen in einen flüssigen Zustand verwandelt — *schmilzt*. — Es ist eine bekannte Thatsache, daß Talg, Metalle, Glas u. s. w. durch die Hitze weich und flüssig gemacht werden können. — Verschiedene Körper haben zu ihrer Schmelzung verschiedene Hitzegrade nöthig; während festes Queckſilber schon bei 40 Graden *unter* Null des Celsiusthermometers schmilzt, bedarf Blei über 300 und Silber mehr als 1000 Grad *über* Null, und bei manchen Körpern, wie z. B. Kohle, ist der Schmelzpunkt noch gar nicht einmal durch unsere Mittel höchster Hitzeerzeugung erreicht worden, während wir andererseits noch gar nicht den Kältegrad hervorzubringen verstehen, in welchem Weingeist gefriert.

Während die Wärme auf feste Körper lockernd und schmelzend wirkt, verwandelt sie Flüssigkeiten, indem sie diese gleichfalls ausdehnt, in Dampf. Geschieht dieses in der gewöhnlichen Temperatur der Luft, so nennt man diese Ausdehnung in einen leichteren Aggregatzustand: Verdunsten. — Diese Erscheinungen sind Jedermann bekannt und erklären sich aus dem vorhin definirten Wärmegesetze im kleinsten Raume. Einer interessanten Thatsache muß hier aber überhaupt erwähnt werden, die zugleich fähig ist, die Naturkraft, welche wir Wärme nennen, verständlicher zu machen.

So wie nämlich feste Körper in das Schmelzen gerathen, sobald Wasser den Grad des Kochens erreicht, sobald Flüssigkeiten langsam verdunsten, bemerkt man durch physikalisch-chemische Versuche, *daß Wärme verschwindet*, daß der Temperaturgrad entweder abnimmt oder trotz immer neuer Zuführung von Wärme, dennoch unverändert stehen

bleibt. Man sagt in der Wissenschaft: die Wärme ist *gebunden* oder *latent* geworden — und unterscheidet sie von der fühlbaren oder *freien* Wärme. — Setzen wir gleiche Quantitäten Wasser und Schnee, jedes von 0 Grad, in gleichen Behältern auf ein und dasselbe Feuer, so wird, wenn der Schnee eben geschmolzen ist, derselbe nicht mehr als 0 Grad Wärme zeigen, während das Wasser unterdessen 75 Grade warm geworden ist. Die zum Schnee gekommenen 75 Grade Wärme sind also von demselben *verschluckt*, gebunden, der Schnee hat sie in sich aufgenommen, um schmelzen zu können. — Kochendes Wasser zeigt eine Temperatur von 100 Graden Celsius, gleich dem Dampfe, welcher vom kochenden Wasser aufsteigt, und mag man das Kochen noch so lange fortdauern lassen, die Wärme wird nicht höher steigen, als sie im Augenblicke des Kochens war. Die über 100 Grade kommende Wärme bindet sich mit dem Wasserdampfe und veranlaßt gerade dessen Zustand als Dampf; sie ist in demselben latent geworden. — Ein gleiches Gebundenwerden der Wärme ist bei dem Verdunsten wahrnehmbar, wodurch Kälte für uns fühlbar wird. —

Es herrscht ein allgemeingültiges Gesetz in der Natur, wonach bei allen festen Körpern, wenn sie flüssig werden, und allen flüssigen, wenn sie sich in Dampf oder Dunst verwandeln, also: bei jeder Lockerung des Aggregatzustandes und jeder Entfernung der Atome von einander — mit *einem* Worte: *bei jeglicher Körperausdehnung — Wärme verschwindet.*

Diese gebundene, latente Wärme, welche die Ursache der Verflüssigung und Verflüchtigung der Körper ist, wird

aber dabei nicht vernichtet, sie wird wieder frei und fühlbar, wenn Dampf und Dunst zu tropfbarer Flüssigkeit sich verdichten, wenn flüssige Körper erstarren — und das ist die andere Seite des Gesetzes, welches heißt: bei jeglicher Körperverdichtung wird Wärme frei und fühlbar. —

Da die Wärme unmittelbar auf den Cohäsionszustand der Atome wirkt, sie einander nähert und entfernt, so ist sie auch recht eigentlich eine Kraft im kleinsten Raume, eine Action in den feinsten Theilchen der Naturkörper. — Was ist aber Wärme? — Ist sie ein Stoff, welcher sich chemisch mit den Körperatomen verbindet, ist sie eine Kraft, die abwechselnd schlummert und activ ist? — Man hat die Wärme nicht wiegen können und sie deshalb ein Imponderabilium genannt — man nannte sie an anderen Orten eine Kraft und erklärte sie philosophisch. — Wir kennen sie nur aus ihren Wirkungen und gewahren sie als freie fühlbare Wärme in Begleitung chemischer Prozesse, bei Compression der Körper, bei Reibung. — Wenn wir fühlen, daß Wasser unter Zusatz von Schwefelsäure in's Kochen geräth, wenn der Sauerstoff durch seine Verbindung mit anderen Stoffen die Wärme bis zum Entflammen erweckt, wenn das Wasser sich in Berührung mit gebranntem Kalke erhitzt, wenn wir gewahr werden, daß Holz sich durch Reibung entzündet, zusammengedrückte Luft bedeutende Temperaturhöhe bewirkt, Hämmern und Compression selbst Metalle in Hitze bringt — so nehmen wir nur die Wirkungen wahr, wir wissen zwar, daß Wärme durch chemische Prozesse (die auf die chemischen Kräfte der Atome und deren Zustände wirken) daß sie durch

Aneinanderdrängen der Atome und daraus entstehende Körperverdichtung aus den Körpern, worin sie latent vorhanden war, frei und fühlbar wird, aber über das Wesen der Wärme haben wir keine genügende Erklärung. Es bleibt immer eine philosophische Phrase, wenn wir sagen: Flüssigkeiten sind Verbindungen von festen Körpern mit latenter Wärme — oder feste Körper sind Verbindungen von Flüssigkeiten mit freier Wärme. —

Die Körper zeigen überhaupt eine Wärmecapacität, das heißt, sie bedürfen einer größeren oder geringeren Menge von Wärme, um eine gewisse Temperatur zu erreichen; die Körper besitzen ein verschiedenes gutes oder schlechtes Leitungsvermögen, um eigene Wärme auf andere Körper zu übertragen; man könnte hieraus auf einen äußerst feinen Stoff schließen, den man Imponderabilium genannt hat, einen Stoff, dessen feinste Atome dem kleinsten Raume angehören und sich chemisch mit den wägbaren Atomen verbänden — aber mit dieser Vorstellung sind wir dem wahren Wesen der Wärme um nichts näher gerückt, denn mit der Annahme eines feinen Wärmestoffes lassen sich die Erscheinungen der Wärmestrahlung und der Wärmeerzeugung durch Reiben zweier Körper an einander gar nicht vereinigen. Es vermögen nämlich die Körper, verschieden nach ihrer Dichtigkeit, Wärme auszustrahlen und auch wieder strahlende Wärme einzusaugen und dadurch in einen höheren Temperaturgrad zu gelangen. Dieses Phänomen läßt sich durch Annahme eines feinen Stoffes nicht erklären und man hat deshalb in neueren Zeiten die Wärme als eine Action, eine Thätigkeit betrachtet, welche, ähnlich dem Lichte, die Wirkung einer be-

sonderen Erzitterung oder Vibrationsbewegung der feinsten Körperatome ist. Denken wir uns die Atome, entweder durch chemische Kraft, durch Reibung, durch auffallende Wärmestrahlen oder Verdichtung der Theilchen im kleinsten Raume, in Schwingung, in eine eigenthümliche Vibration gerathen, dann erhalten wir eine anschaulichere Vorstellung von den Erscheinungen der Wärme in den Körpern. Die vibrirenden Atome können ausstrahlend ihre feine Bewegung durch den Raum fortpflanzen, diese kann in anderen Körpern ebenfalls die Atome in gleiche Schwingung versetzen, das Reiben zweier Körper vermag ebenfalls diese Vibration der Atome hervorzurufen und es erklärt sich auch, wie die weniger dichten Körper ein stärkeres Wärmestrahlungs- und Wärmeeinsaugungs-Vermögen haben, als dichtere Körper, da ja bei ersteren die Atome lockerer im Raume liegen und deshalb leichter in Schwingung gerathen können; es erklärt sich, warum dichte Körper mit glatten Oberflächen die Wärmestrahlen (also die vibrirende Bewegung der Atome) zurückzuwerfen vermögen, was ganz nach den Gesetzen der Lichtstrahlen geschieht, wo der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich ist, und rauhe Oberflächen die Strahlen in diffuser Unregelmäßigkeit reflectiren; es erklärt sich ferner, daß die Körper fähig sind, Wärmestrahlen, als liniare Vibrationsbewegungen, durch ihre Masse hindurch zu lassen und man darf glauben, daß die Steigerung der Temperatur eines Körpers nur die Wirkung der stärkeren Oscillation der Atome ist, woraus sich dann wieder die Körperausdehnung in der Wärme erklärt, indem stark oscillirende Atome eines größeren Raumes bedürfen und

weiter auseinander liegen müssen. Geht ein fester Körper in einen flüssigen und dieser in einen luftförmigen über, so muß dieses eine Wirkung von zunehmenden Vibrationen der Atome sein und da, bei gleicher Größe der Bewegung, eine Vergrößerung der Zahl der Schwingungen nach mathematischen Gesetzen nur möglich ist, wenn der Schwingungsbogen sich verkleinert, so wäre darin vielleicht eine Erklärung des Latent- und Gebundenwerdens der Wärme zu finden. —

Bei dem zur Zeit noch obwaltenden hypothetischen Stande dieser Lehre haben wir uns an die Erscheinungen selbst zu halten und diese lassen keinen Zweifel zu, daß Wärme die Atome des Körpers von einander entfernt, Kälte (Mangel an Wärme) sie nähert, also verdichtet. —

Die Cohäsionskraft der Atome im kleinsten Raume wird aber nicht allein durch Wärme geschwächt, sondern auch durch Auflösung fester Körper in einem flüssigen. Das Wasser steht hier als auflösendes Mittel obenan, indem es eine große Zahl fester Körper flüssig zu machen und sich, ohne selbst seine Durchsichtigkeit zu verlieren, damit zu verbinden fähig ist. Ich erinnere nur an die Mineralwässer, worin feste Salze und Metalle aufgelöst enthalten sind, ferner an die Thatsache, daß jedes noch so klare Quellwasser beim Verdunsten erdige oder salzige Rückstände hinterläßt, die darin aufgelöst vorhanden waren. —

Nicht alle feste Körper lösen sich gleich leicht im Wasser auf, einige behaupten lange die Cohäsionskraft ihrer Atome, viele sogar lassen sich von der auflösenden Kraft des Wassers gar nicht überwinden und unterliegen nur anderen Flüssig-

keiten, wie z. B. Weingeist oder Säuren. — Die Veränderung des Aggregatzustandes fester Körper in flüssige ist nichts anderes, als ein von der Flüssigkeit bewirktes, räumliches Auseinanderdrängen der Atome im kleinsten Raume, wodurch die Cohäsionskraft überwunden und, da die Atome aus dem Gebiete ihrer nur in nächster Berührung wirkenden Anziehung kommen, auch die chemische Kraft geschwächt wird.

Die Auflösung fester Körper ist aber für die Gestaltung im kleinsten Raume von großer Bedeutung; die Atome, im Flüssigen suspendirt und von einander gehalten, bleiben ohne Beziehung und somit formlos, ihre chemische Verwandtschaft kann sie, der räumlichen Entfernung wegen, nicht binden und gestalten; — aber sobald die Flüssigkeit verdunstet, sobald dadurch die Atome näher im Raume gerückt werden, dann erwacht ihre chemische Anziehung oder Abstoßung nach wahlverwandtschaftlichen Gesetzen, sie suchen sich und die befreundeten Elemente lagern sich aneinander unter dem waltenden, beherrschenden Gedanken der Form.

Alles Feste, mag es eine bestimmte Form darbieten oder darin gestört oder durch andere Natureinflüsse verletzt sein, ist aus dem Zustande des Flüssigen, dem Formlosen, hervorgegangen. Die festen Metalle befanden sich einst im geschmolzenen Zustande, die Salze und Erden waren aufgelöst im Wasser unseres Planeten. — Mit der zunehmenden Abkühlung erwachte die chemische Kraft in den räumlich sich nähernden Atomen, mit der fortschreitenden Verdunstung des Wassers rückten die Atome in den Kreis ihrer engen

Fernwirkung, es erkalteten feste Metalle und Steinmassen, es bildeten sich aus dem verdunstenden Lösungsmittel die Salze und Erden. Abkühlung und Verdunstung wurden somit die Bedingungen der Gestaltung in der unorganischen Natur.

Im kleinsten Raume war aber die eigentliche Werkstatt dieser Gestaltung des Festen aus dem Flüssigen; — indem Atome sich als befreundete und wahlverwandte treffen, schießen sie, von chemischer Kraft getrieben, aneinander und bilden eine Form — man nennt diesen Naturakt die Krystallisation und die erste Gestaltung der Natur zur bestimmten Form, die erste Verwirklichung der maßgebenden Schranke im Raume erkennen wir im Krystalle. — Hiermit knüpfe ich an die im ersten Briefe gemachten Andeutungen wieder an und es wird nun verständlicher werden, wenn dort gesagt wurde, daß mit der Gestaltung zuerst die Stoffe in die formelle Planmäßigkeit der Natur eintreten und im krystallisirenden Winkel die vernünftige Beschränkung im Raume gegeben sei, daß ferner die chemische Kraft nur das Werkzeug der richtigen Atomenverbindung werde, aber diese Verbindung zugleich von einer Formidee, einem mathematischen Gedanken beherrscht sei.

In der Krystallisation tritt uns zuerst der Bildungsprozeß der Natur vor die Augen. Mit Bewunderung sehen wir hier im verdunstenden Tropfen wie durch Zauberschlag mathematische Formen aufgehen, als verdichteten sie sich aus dem Unsichtbaren und dem Nichts. Aber die in nähere Anziehung gekommenen Atome sind es, welche im kleinsten Raume sich vereinigen und sogleich vom mathematischen

Gedanken der Schöpfung bezwungen, sich nach dem Gesetze der Raumbeschränkung neben einander lagern als Form, als Krystalle.

Wer jemals unter dem Mikroskope den Akt der Krystallisation im kleinsten Raume beobachtet hat, der wird die andächtige Erhebung des Gemüthes verstehen, welche uns beim Anblicke der unmittelbar erschlossenen göttlichen Bildungswerkstatt so unwillkürlich ergreift, wenn wir sehen, wie im verdunstenden Tropfen mit einem Male die zarteste, mathematische Körpergestalt in die Erscheinung tritt, wie die einmal vorgezeichnete Winkelbestimmung und Flächenrichtung immer sich wiederholt im vergrößernden Fortwachsen des Krystalles, der nun bald auch dem unbewaffneten Auge sichtbar wird. — Wir schauen hier die Wirkung einer geheimnißvollen Gewalt, welche die Atome zwingt, einer vorgeschriebenen Linie und Richtung gemäß, sich nebeneinander zu ordnen und eine regelrechte Form zu bilden. Frei im Flüssigen schwebend, haben die Atome endlich im Verdunsten des Tropfens diejenige Nähe erreicht, welche die gegenseitige Anziehung möglich macht, und indem sich ihre Sphären der chemischen Kraftweite berühren, werden sie vom Bildungsgedanken der Natur mächtig ergriffen, sie bilden einen chemischen Körper und eine bestimmte Form. —

Um diesen ersten planmäßigen Akt der Krystallisation vollends zu verstehen, bedarf es eines Blickes in die *Materialien* dieser Werkstatt selbst. Es wurde schon mehrmals hingewiesen auf die chemische Verwandtschaft der Elemente, auf ihre anziehenden und abstoßenden Urtriebe, welche die

Atome durchdringen. Je unähnlicher sie in ihrem Wesen sind, um so stärker ist zwischen ihnen der Zug der befreundeten Anziehung. Nun giebt es aber in der Natur zwei große, überall verbreitete Gegensätze, welche man wissenschaftlich als Basen und Säuern bezeichnet. Verbindungen der Elemente mit Sauerstoff (also eine Oxydation,) führen zu zwei entgegengesetzten Resultaten; gewisse Stoffe, wie z. B. Eisenoxyd, Natriummetall, überhaupt die meisten Metalle, bilden mit Sauerstoff verbunden keinen sauren, sondern einen sogenannten basischen Körper, der einen laugenhaften, alkalischen Geschmack hat und die Eigenthümlichkeit zeigt, daß er rothes Lackmuspapier blau färbt. Andere Elemente dagegen nehmen in Verbindung mit Sauerstoff saure Eigenschaften an, sie schmecken stark sauer, färben blaues Lackmuspapier roth und man nennt sie schlechtweg Säuern. Beispiele davon sind Verbindungen des Sauerstoffes mit Schwefel, Phosphor, Kohle — und überhaupt sind es vorzugsweise die Nichtmetalle, welche zu Säuern werden. Basen und Säuern sind in der Natur die entschiedensten Gegensätze und üben deshalb auch die stärkste Anziehung auf einander aus. Wo sie sich begegnen, da streben sie nach Verbindung und wenn sie sich vereinigt haben, so verändern sie beide ihre Charaktere und Eigenschaften so gänzlich, daß die Basen nicht mehr laugenhaft, die Säuern nicht mehr sauer schmecken, daß rothes und blaues Lackmuspapier keine andere Färbung mehr erhalten. — Base und Säure bilden einen neuen Körper, in welchem beide Eigenschaften des Alkalischen und Sauern völlig neutralisirt worden sind und der in der Form eines

Krystalles in die Erscheinung eingetreten ist. Man nennt einen solchen Körper ein Salz. —

Dieser neutralisirende Vereinigungsprozeß zweier Gegensätze ist es nun, welcher im kleinsten Raume, in den Atomen seine erste Bildungsstätte, sein erstes Formelement findet. Der Liebhaber der Natur vermag sich dieses interessante Schauspiel jederzeit zu bereiten, wenn er basische und saure Elemente in Wasser auflöst und einen Tropfen davon unter dem Mikroskope verdunsten läßt. Plötzlich wird er die geheimnißvolle Macht wirksam und gestaltend werden sehen, es erhebt sich in den feinsten und zartesten Zeichnungen der Krystall aus dem formlosen Zustande der befreundeten Elemente. Man braucht nur etwas Salpeter, Kochsalz u. s. w. in heißem Wasser zu lösen und ohne Störung erkalten zu lassen, so wird man bald gewahren, wie mathematische, glashelle Gestalten anschießen und den gebildeten Krystall darstellen. Damit aber die Natur ganz ihren chemischen Verwandtschaftsbewegungen in den Atomen und dem vorschwebenden Urbilde der Form folgen kann, darf sie darin nicht gestört werden, welches durch gewaltsame, mechanische Bewegungen, durch Einflüsse anderer, der chemischen Verbindung entgegenwirkender Kräfte, wie z. B. Galvanismus, geschehen würde. — Rühren wir eine Salzauflösung während des Erkaltens oder Verdunstens mit einem Stabe um, so werden wir keine Krystalle erhalten, sondern nur, als Resultat gestörter Krystallisation, ein formloses Pulver niedergeschlagen finden. Die Natur erfordert für die normale Formbildung aus ihren Atomen eine ungestörte Ruhe, aber auch eine angemessene Zeit, denn je langsamer ein

Krystall entsteht, um so regelmäßiger und schöner wird er. Jahrtausende von Jahren haben manchem Krystalle in der Tiefe unseres Erdkörpers zur Vollendung dienen müssen. —

Mit dem Krystalle tritt die Natur zuerst in die Form und Gesetzmäßigkeit der räumlichen Beschränkung ein. Und hier hat der Schöpfer nicht der Willkür oder dem Zufalle freie Bahn gelassen, sondern eine mathematische unabänderliche Bestimmung beherrscht die Elemente und deren chemische Kraft. Wo sich gewisse Basen und Säuren begegnen und zum Krystalle werden, da ist ihnen auch das Vorbild einer bestimmten Gestalt mitgegeben und jeder Krystall hat seine charakteristische, mathematische Form, die zu seiner Erkennung dient. Unter allen Umständen, wo sich Salpeterkrystalle bilden, finden wir dieselben in regelmäßig gebildeten, sechsseitigen Säulen mit zweiflächig abgespitztem Ende, wie Figur 1 zeigt; das Kochsalz krystallisirt immer in regelmäßigen, durchsichtigen Würfeln, Fig. 2. — Kieselerde, als sogenannter Bergkrystall, in schönen sechsflächigen Pyramiden, oder sechsseitigen Säulen, Fig. 3. — Kleesäure in farblosen, rhombischen Säulen, Fig. 4. — Schwefelsaures Kali in harten, sechsseitigen Doppelpyramiden, Fig. 5. — Weinstein in ähnlicher Art, nur sind die, bei dem vorhergehenden Salze abgestumpften Pyramiden, hier vierseitig und spitz, Fig. 6. — Glaubersalz stellt sich in vier- und sechsseitigen Säulen dar, Fig. 7. — Salpetersaures Natron als verschobene Würfel (Rhomboëder), Fig. 8. — Alaun als schöne, durchsichtige Octaëder, Fig. 9. — Bleizucker in vierseitigen Säulen, Fig. 10. — Das doppeltchromsaure Kali in schönen Tafeln, Fig. 11. —

Arsenikſaures Kali in vierſeitigen Säulen, Fig. 12. — Zucker in verſchobenen ſechsſeitigen Säulen, Fig. 13 u. ſ. w.

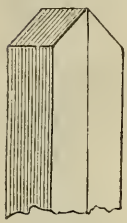


Fig. 1.

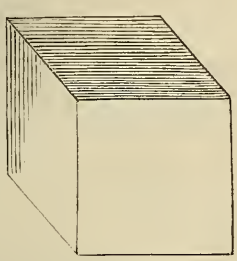


Fig. 2.

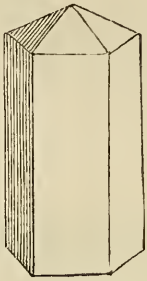


Fig. 3.

Fig. 4.

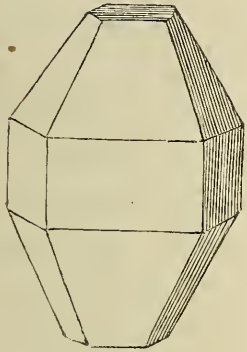


Fig. 5.

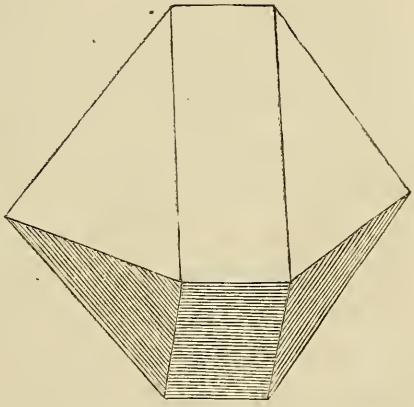


Fig. 6.

Fig. 7.

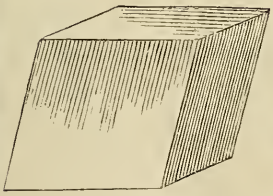


Fig. 8.

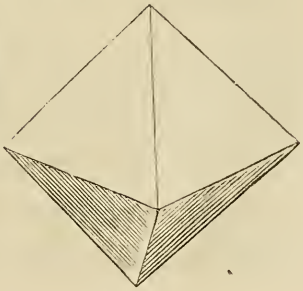


Fig. 9.

Fig. 10.

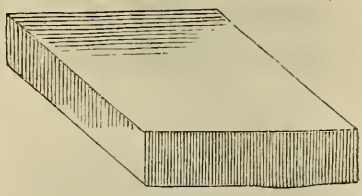


Fig. 11.

Fig. 12.

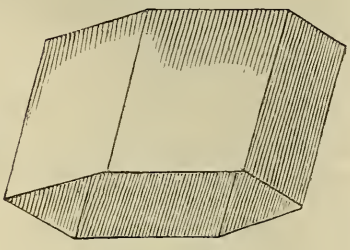


Fig. 13.

Es ist hier eine Reihe von Krystallen hingestellt worden, welche die mannichfaltigsten Formen darbieten. — Es herrscht aber auch hierin eine bestimmte mathematische Regel und die Wissenschaft hat die verschiedenen Krystallformen in Rubriken gebracht, indem sie die Mannichfaltigkeit auf einige, wenige Grundformen zurückführt, von welchen sich die hundert und mehr Gestalten der Krystalle mathematisch ableiten lassen. Man unterscheidet nämlich an jedem Krystalle die Flächen oder Seiten, ferner die Kanten oder diejenigen Linien, in denen zwei Flächen aneinander stoßen und endlich die Ecken, wo drei oder mehr Flächen sich im Winkel berühren. Diese mathematischen Factoren eines aus geraden Linien gebildeten Körpers dienen zur Eintheilung und Klassificirung aller Krystalle, indem sich aus Fläche, Kante und Winkel mathematisch sechs Grundformen construiren lassen, welche ebensoviele Krystallfamilien charakterisiren, indem sich alle Krystalle in

ihrer Gestalt aus einer dieser Grundformen stereographisch herleiten lassen. Die Natur hat keinen einzigen Krystall geschaffen, welcher weniger, als 4 Flächen, 4 Ecken und 6 Kanten hätte, wol aber giebt es deren zahlreiche, welche bei Weitem mehr zeigen.

Will man die Krystalle in ihrer zartesten Reinheit anschauen, so muß man sie im kleinsten Raume entstehen sehen, in der, dem Mikroskope zugänglichen Werkstatt der Körperatome. Hier tritt die Urgestalt klar und mathematisch rein aus dem verdunstenden Tropfen hervor und indem sich dann dieselbe viele, unzählige Male, im Fortwachsen des Krystalles, wiederholt, indem sich gleiche Urkrystallformen mit gleichen Flächen, Winkeln und Kanten aneinander legen, um durch diese Lagerung wieder die Urgestalt im Großen darzustellen, wird dieser sichtbare, handgreifliche Krystall oft weniger rein und mathematisch ein Bild der Urform, woraus er entstand, da sich die kleinen Krystalle leicht an dieser oder jener Seite stärker anhäufen, weil hier vielleicht in der Flüssigkeit die chemischen Bildungsbedingungen günstiger waren, als in einer anderen Gegend der Flüssigkeit. Die sechs Grundformen, aus welchen alle Krystalle abgeleitet und wonach sie in sechs systematische Familien gruppirt werden, mögen im Folgenden eine Uebersicht von der Mannichfaltigkeit der Krystalle darbieten.

Die erste Grundform wird durch den regelmäßigen Achtflächner (Octaëder oder die vierseitige Doppelpyramide) dargestellt, wie Fig. 14 auf S. 56 versinnlicht.

Man erkennt an diesem Körper acht gleiche Flächen,

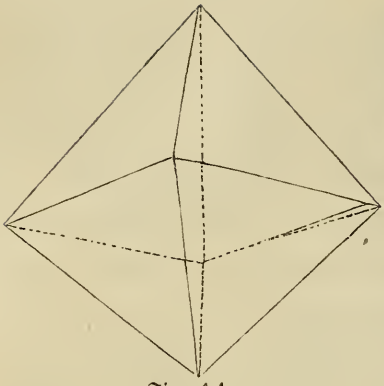


Fig. 14.

welche ebensoviele gleichseitige Dreiecke bilden und von zwölf Kanten und sechs Ecken eingeschlossen sind. Ziehen wir von jeder Ecke eine gerade Linie mitten durch den Körper in die gegenüberliegende Ecke, so erhalten wir drei Axenlinien, welche sich im Mittelpunkte des Körpers durchschneiden; sie geben die mathematische Grundform dieses regelmäßigen Achtflächners an, sobald diese Axenlinien sich rechtwinklig im Mittelpunkte durchschneiden und von gleicher Länge sind. Durchschneiden sie sich nicht im rechten Winkel oder sind die Längen verschieden, dann construirt sich daraus ein unregelmäßiger Achtflächner. So wie die Natur nun bei der Gestaltung der Krystalle verfährt, indem sie die idealen Axenlinien zieht und die Atome im Anschießen davon abhängig macht und räumlich beherrscht, so hat auch der Naturfreund, wenn er die Grundform eines Krystalles erkennen und bestimmen will, die Axenlinien zu suchen. Sind dieselben alle von gleicher Länge, so braucht er die eine nur senkrecht vor sich hinzustellen und sie als die Hauptaxe zu betrachten, von welcher er mathematisch weiter construirt — bei ungleicher Länge dieser Linien nimmt er die längste als Hauptaxe und betrachtet die kürzeren als Nebenaxen, wodurch er ein großes Hülfsmittel erhält, die ganze

Grundform, zu welcher ein Krystall gehört, auf dem Wege der mathematischen Construction zu erkennen. —

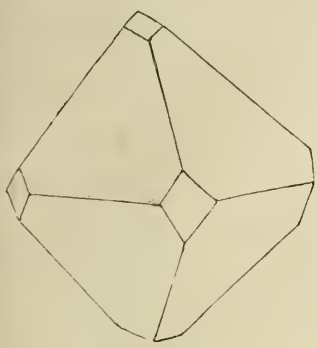


Fig. 15.

Krystalle, welche einer Grundform angehören und davon abgeleitet werden müssen, lassen stets gewisse Abschnitte der ursprünglichen Grundform erkennen, die in regelmäßiger Weise Ecken oder Kanten coupiren. — Werden von Fig. 14 durch parallele Schnitte (was man zum sinnlichen Verständniß an einer leicht zu schneidenden Masse, wie einer Rübe oder großen Kartoffel praktisch ausführen mag) die Ecken weggenommen, wie in obiger Figur 15 begonnen ist, dann bleibt, sobald die Schnittflächen sich im Weiterführen mit Ecken und Kanten berühren, der Würfel oder Sechsflächner über, welcher sechs gleichgroße Quadratflächen, zwölf Kanten und acht Ecken zeigt. — Fig. 16.

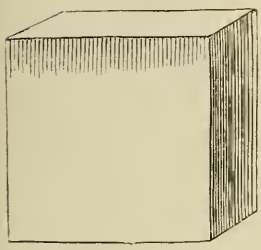


Fig. 16.

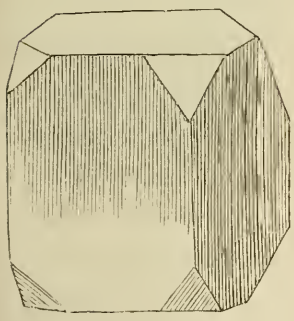


Fig. 17.

Coupiren wir wiederum seine Ecken, wie in folgender Fig. 17 vorgezeichnet ist, alsdann entsteht abermals ein regelmäßiger Achtflächner, wodurch die nahe Beziehung beider Körper

augenscheinlich wird, die auf einer gemeinschaftlichen Axenconstruction beruhen. — Man vermag noch weitere Formen davon abzuleiten. Coupirt man an einem Würfel Ecken und Kanten und führt man diese Schnitte in gleichmäßiger Weise von allen Kanten weiter, so erhält man den Rauten-Zwölfflächner, mit 12 gleichen Flächen, welche man Rauten oder Rhomben nennt. Fig. 18.

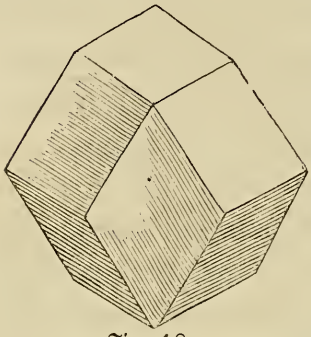


Fig. 18.

Nimmt man aber vom regelmäßigen Achtflächner, wie er in Figur 14 gezeichnet ist, nicht gleichmäßig alle Ecken und Kanten fort, sondern nur abwechselnd immer die einander gegenüberliegenden, daß nur die Hälfte des Achtflächners übrig bleibt, dann entsteht die dreiseitige Pyramide oder das Tetraëder, wie in Figur 19 dargestellt ist. (Auf ähnliche Weise lassen sich noch andere Gestalten, z. B. der Fünfeck-Zwölfflächner, ableiten.)

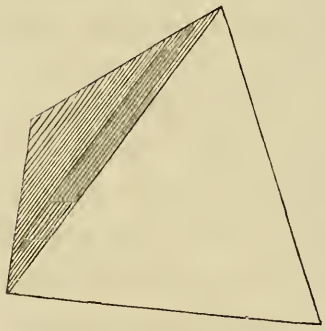


Fig. 19.

Die zweite Grundform der Krystalle wird durch den Quadrat-Achtflächner dargestellt. Fig. 20.

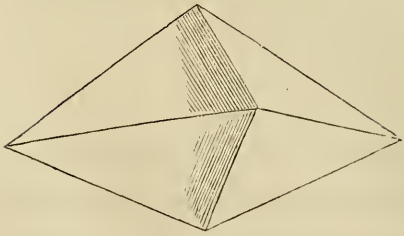


Fig. 20.

Auch dieser Körper hat drei, sich rechtwinklig durchschneidende

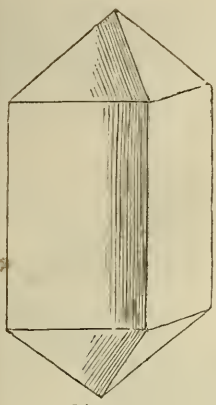


Fig. 21.

Axen, aber die eine ist länger, als die beiden andern. Würde man diesen Körper in seiner Mitte quer durchschneiden, so erhielte man eine Quadratfläche. Stumpft man seine Kanten gleichmäßig ab, so entsteht die quadratische Säule oder das doppelte Prisma. Fig. 21.

Die dritte Grundform der Krystalle ist durch den Rauten-Achtflächner gegeben (Rhombenoktaëder.) Fig. 22.

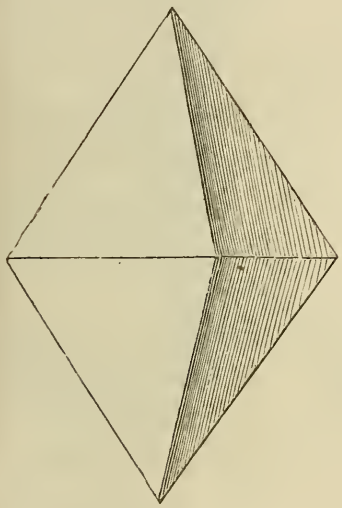


Fig. 22.

Auch hier durchschneiden sich die Axen rechtwinklig, aber sie sind von ungleicher Länge. Würde man diesen Körper in der Mitte quer durchschneiden, so erhielte man eine Rautenfläche. (In dieser Form krystallisirt z. B. der Schwefel.) Auch aus dieser Grundform lassen sich wieder andere ableiten, denn wenn man die Kanten abstumpft, so entstehen die rhombischen Säulen, welche ebenfalls die Natur im Krystalle dargestellt hat.

Eine vierte Grundform ist ein Achtflächner mit drei ungleichen Axen, von denen zwei sich schiefwinklig durchschneiden, aber zu der dritten im

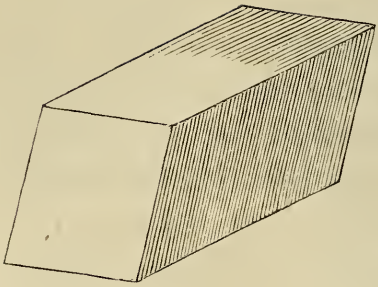


Fig. 23.

rechten Winkel stehen. Die daraus gebildete Körperform ist in Fig. 23 dargestellt.

In dieser Gestalt krystallisirt z. B. das in vulkanischen Bildungen vorkommende Mineral, welches Augit heißt und wozu auch die bekannte Hornblende gehört. Mehr noch finden sich die abgeleiteten Formen dieser Grundconstruction in der Natur, besonders die daraus entstehende rhombische Säule, Fig. 24 — welche z. B. die Krystallform des Gypses ist.

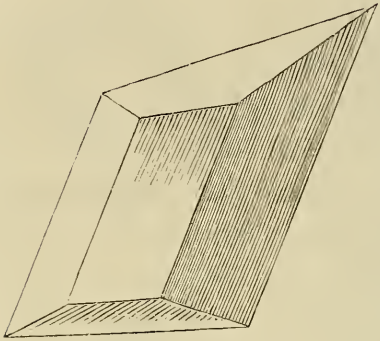


Fig. 24.

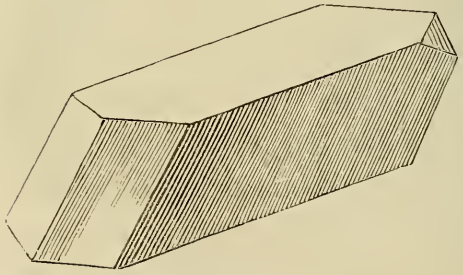


Fig. 25.

Eine fünfte Grundform der Krystalle ist derjenige Achtflächner, dessen sämmtliche Axen sich schiefwinklig durchschneiden u. ungleich sind. — Der daraus entstehende Körper (welcher z. B. die Krystallform des schwefelsauren Kupferoxyds ist) stellt sich in Fig. 25 dar.

Die abgeleiteten Formen sind in der Natur zahlreich vor-

handen und erscheinen meist als Platten oder Tafeln, entweder mit geraden Endflächen oder mit abgespitzten Seiten.

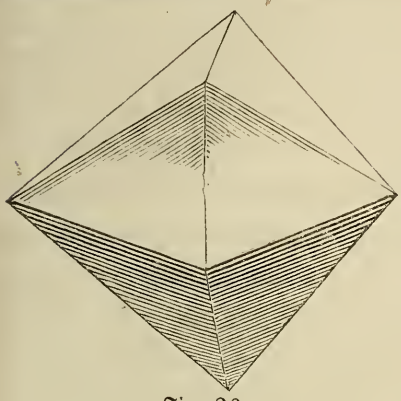


Fig. 26.

Die sechste Grundform endlich ist die sechsseitige Doppelpyramide oder das Hexagonal-Dodekaëder. In dieser Construction dienen vier Axen zur Grundlage, von denen drei einander gleichen und sich auch unter gleichen, spitzen Winkeln durchschneiden, während die vierte Axe (die längste und deshalb Hauptaxe) ungleich ist und im rechten Winkel durch die Durchschneidung der anderen tritt. Fig. 26.

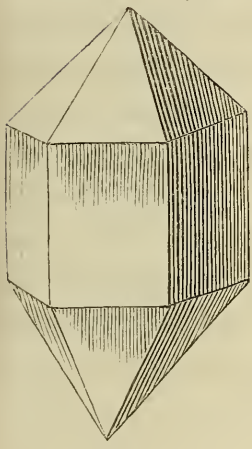


Fig. 27.

Als nächste Ableitung davon ist die sechsseitige Säule, eine der schönsten Krystallformen, zu betrachten. Fig. 27.

Es würde zu weit führen, wenn alle aus den angedeuteten Grundformen abzuleitenden Körper ausführlich hier construirt werden sollten. Wer Sinn für Formverhältnisse und mathematische Anschauungsfähigkeit besitzt, wird leicht irgend einen Krystall als Ableitung aus einer der sechs Grundformen zu definiren wissen. Wir erkennen aber aus dieser Gesetzmäßigkeit der Formenanordnung und der Gültigkeit stren-

ger mathematischer Verhältnisse, wie auch im kleinsten Raume die Entschiedenheit des gestaltenden Schöpfungsgedankens waltet, wie der schaffende Geist mit fester Hand in das Formlose die maßgebenden Axenlinien zeichnet, deren Richtungen und mathematischen Schranken die nach Vereinigung strebenden Atome gehorchen. — Hat die Natur einmal gewissen Elementen eine der sechs Grundformen der anorganischen Körperwelt vorgezeichnet, dann gilt diese Axenlage und Länge als Norm und Gesetz und wenn es auch vorkommt, daß unter anderen chemischen Einflüssen ein und dasselbe Mineral in verschiedenen Gestalten auftreten kann, so sind diese doch jedesmal nichts anderes, als abgeleitete Formen irgend einer der sechs Grundformen, zu welcher der Krystall ursprünglich gehört, sie lassen sich allemal durch das Axensystem analysiren und auf die Grundform zurück führen. Ein Krystall, welcher zum Beispiele dem Systeme der Sechseck-Construction angehört, und im normalen Bildungsgange als sechsseitige Säule erscheinen muß, kann auch wol, unter Störungen oder chemischen Einflüssen, als Rhomboëder auftreten, niemals aber als Achtflächner, Tafel, Prisma — er wird immer eine Ableitung des Sechsecks repräsentiren und die maßgebenden Axenlinien in sich tragen.

In einem späteren Briefe werden wir Gelegenheit zur Darstellung der Formgesetze in der organischen Welt finden und, wiederum an die vorangegangene Einleitung anknüpfend, nachweisen können, wie die organische Natur nicht mit der geraden Linie und dem Winkel, sondern sogleich mit der vollkommensten mathematischen Form, der Kugel, be-

ginnt. Jetzt aber schon wird es dem Leser verständlicher geworden sein, wenn ich im ersten Briefe sagte, daß die Natur mit der Durchschneidung der maßlosen, geraden Linie, mit dem Winkel, ihre erste Raumbeschränkung und Körperbestimmung beginne, daß die anorganische Natur an den Winkel gebunden sei und nicht über ihn hinaus kommen könne. —

Das sehen wir recht deutlich an den Axenlinien der Krystalle, deren Durchschneidungswinkel und Länge jedesmal das unübersteigliche Gesetz der nach gestaltender Vereinigung strebenden Atome ist und wobei die zufälligen Einflüsse keine andere Freiheit der Atome zu geben vermögen, als die, welche die mathematische Ableitung der Form von der vorgeschriebenen Richtung und Länge der Axenlinien gestattet.

Auf die Krystallisation und die darin wahrnehmbaren Formgesetze der anorganischen Natur wurden wir geleitet, als die Rede von der ersten, gesetzmäßigen Gestaltung war, welche im Zustande der Auflösung befindliche, feste Körper nach chemischen Verwandtschaftsgesetzen und inwohnenden Atomenkräften anzunehmen fähig und bedingungsweise gezwungen sind. Wir haben aber noch andere wichtige Zustandsveränderungen der Atome zu betrachten, auf die wir bei Erklärung der Wärme bereits hingedeutet haben und woraus die Naturwissenschaft in neueren Zeiten große, wunderbare Erscheinungen herzuleiten sucht, an deren Verständnisse sie sich Jahrhunderte lang mit Nichtbefriedigung abgemühet hat. Die Auffassung dieser eigenthümlichen Zustandsveränderungen der kleinsten Körpertheile, welche wir schlechthin Atome nennen, wird uns jetzt um so leichter

werden, da wir in dem Vorhergehenden bereits die Vorstellung von der großen Rolle gewonnen haben, welche dieselben in den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Körper spielen. Ihre inwohnende, eigenthümliche Kraft der Anziehung und Abstoßung (Wahlverwandtschaft), ihre engere oder lockere Lagerung nebeneinander (Cohäsion und Aggregatzustand der Körper), ihre Lage-Ordnung, wodurch ganz gleiche Atome in verschiedener Gruppirung im Raume auch ganz verschiedene Körperformen bedingen, das höchst bedeutsame Krystallisationsgesetz endlich, welches die Atome, welche sich als sauere oder basische unterscheiden, zwingt, sobald sie sich begegnen und mit ihrer chemischen Kraft erreichen können, in bestimmte, vorgeschriebene Linien und Winkel zusammenzuschießen — alle diese Eigenschaften und Erscheinungen können uns auch noch andere Zustände der Atome anschaulich machen helfen. —

Als wir vorhin nach einer Erklärung der Wärmesuchten, führte uns die neuere Wissenschaft auf eine Voraussetzung, welche nicht überall mit dem Auge nachgewiesen werden kann, aber doch in ihren gröberen Erscheinungen, als wirklich existirend, eine Gültigkeit für das Verständniß ähnlicher Körperzustände erhalten hat. Es wurde die Wärme als die Wirkung einer besondern Action, Thätigkeit, der Atome bezeichnet, indem nämlich die Ausdehnung erwärmter Körper, die Eigenschaft derselben, Wärme durch sich ziehen zu lassen, auf andere Körper zu übertragen und Wärme, gleich linearen Strahlen, von sich auszuwerfen oder auf die Körperfläche fallende Wärme im Einfallswinkel wieder zurückzuwerfen — eine so große Aehnlichkeit mit den physikalischen Erscheinungen

des Schalles haben, daß man annehmen durfte, eine ähnliche Schwingung der Atome gehe auch in der Wärmeäußerung der Körper vor. Indem ich mich auf das im Anfange dieses Briefes Gesagte beziehe, folge ich der jetzt allgemein gültigen Annahme der Naturwissenschaft, daß nämlich in der Welt des kleinsten Raumes, wo die Atome herrschen und die Erscheinungen im Großen zu verursachen mächtig sind, auch noch andere Atomen-Schwingungen walten, die, je nach ihrer Eigenthümlichkeit, sich auch verschieden äußern müssen. Daß die Zahl der Schwingungen, ihre Form und Stärke, daß die Atome selbst, durch ihre Verschiedenheit, dichtere und gedrängtere Lage, den unverkennbarsten Einfluß auf die Mannichfaltigkeit der Töne haben, ist ja allbekannt und namentlich dem musikalischen Ohre genau wahrnehmbar und unterscheidbar. — Eine mattschwingende, schlaffe Darmsaite schallt ganz anders, als eine gespannte und straffe, eine Darmsaite giebt einen ganz anderen Ton, wie eine metallene und wären sie auch auf dieselbe musikalische Note gestimmt; Holz, durch einen Schlag oder Uebertragung von Schallschwingungen einer tönenden Saite oder eines anliegenden festen Körpers zum Klingen gebracht, hat einen anderen Ton als Metall oder Glas. — Es müssen also die Atome der Saite, des Holzes, Metalles oder Glases, obgleich sie sämmtlich in schallende Schwingungen gerathen sind, dennoch ihren Schwingungen einen verschiedenen, spezifischen Charakter geben, dessen Summe nun als besonderer Klang des jedesmaligen Körpers wahrnehmbar wird. Daß es aber, wie die Erfahrung durch sinnreiche Experimente nachzuweisen vermochte, verschiedenartige Schwingungen (Vibrationen) der

kleinsten Körpertheile giebt, dies ermächtigte die Naturforscher zu der Annahme, daß es, außer den Schallschwingungen, auch noch andere, vibrirende Bewegungen der Atome geben müsse, deren sichtbare Aeußerungen wir Wärme, Licht, Farbe ꝛc. nennen. —

Die feinsten Körpertheilchen, die Atome, haben in sich eine gewisse Trägheit, ein Beharrungsvermögen, mittelst welchem sie immer wieder in den Zustand der Ruhe zurücktreten, wenn sie durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden sind. So hört der Pendel auf zu schwingen, wenn das zur Bewegung antreibende Gewicht der Wanduhr, das durch seine Schwerkraft der Schwere des schwingenden Pendels entgegenwirkt, abgenommen ist — so hört aber auch der schallende Körper, die vibrirende Saite wieder auf zu schallen und die Atome kommen wieder in Ruhe. Nicht aber allein zum Ertönen, durch den mechanischen Anstoß, der zur Schallschwingung der Atome Veranlassung giebt, nicht nur zu der feineren Bewegung, die wir als Wärme bezeichnen, sondern noch zu einer anderen Vibration sind die feinsten Körpertheilchen fähig; sie werden in ihren kleinsten Räumen auf eine eigenthümliche Art zum schwingenden Erzittern gebracht, dessen sichtbares Resultat, wie ich schon andeutete, von uns Licht und Farbe genannt wird. Daß diese Erscheinungen ihre eigentliche Ursache in den Atomen haben, ist eine Ansicht der neueren Naturwissenschaft, die in dieser Hypothese dadurch Bestand und Wahrheitsgründe erhält, daß sich alle Gesetze, Phänomene und Veränderungen des Lichts und der Farbe ganz ohne Zwang aus der Atomenschwingung erklären lassen. —

Diejenigen Bewegungen der feinsten Körpertheilchen, welche man in ihrer summarischen Wirkung *Schall* nennt, sind nicht nur Bewegungen einzelner Atome, sondern auch *Veränderungen in der gegenseitigen Lage der Theilchen zu einander*. Es schreiten die Bewegungen von Atom zu Atom weiter, wodurch eine *wellenförmige* Bewegung hervorgebracht wird, wie man sie im Großen auf der ruhigen Wasserfläche sieht, auf welche man einen Stein fallen läßt, oder an einem langen, straffausgespannten Seile, das man an einem Ende stark anschlägt. Diese Schwingungen der Atome in sich und in der *fortschreitenden* Wellenbewegung, die nur mit Veränderung in der Lage der Atome zu einander stattfinden kann, heben also das Gleichgewicht auf; je nach der Ursache dieser Störung und der Natur und ursprünglichen Lagerung der Atome im Körper, streben die Atome in ihre Gleichgewichtslage wieder zurück, die Bewegungen (Wellen) sind demnach bald größer, bald kleiner, bald schneller, bald langsamer, sie gehen von einem Körper in den anderen über, wie z. B. von einer Saite in die elastische Luft, aus dieser in die festen und flüssigen Bestandtheile unseres Gehörorgans und werden so von uns zum Bewußtsein als Schall, Ton oder Klang gebracht.

Diese fortschreitenden Wellenbewegungen gehen aber nach bestimmten Gesetzen vor sich. Wirft man in ein ruhiges Wasser einen Stein, so sieht man kreisförmige Wellen von dem Mittelpunkte aus, wo der Stein den ersten Anstoß zur Bewegung gab, in gleichmäßiger Geschwindigkeit sich ausbreiten, es bilden sich Wellenhügel und Wellenthäler, aber die Wassertheilchen selbst schreiten dabei nicht fort, sie werden

nur gehoben und gesenkt, ohne ihre Entfernung vom Mittelpunkte zu verändern, was man recht deutlich an einem auf dem Wasser schwimmenden Stückchen Holz bemerken kann, das, wenn die Wellenringe an dasselbe gelangen, nur gehoben und gesenkt wird, so daß die Wellen scheinbar unter ihm wegziehen. Die einzelnen Wassertheilchen nämlich bilden bei schwachem Anstoße und in regelmäßiger Wellenbewegung, kleine auf einander folgende Kreise, es bewegen sich die Theilchen, welche die Schwingung mitgetheilt erhalten, in Kreisen, in welchen sie wieder auf ihren ersten Platz zurückgeführt werden. In folgender Figur 28 sind diese Kreise sinnlich dargestellt und die Linie a — b deutet die obere wellende Wasserfläche an. —

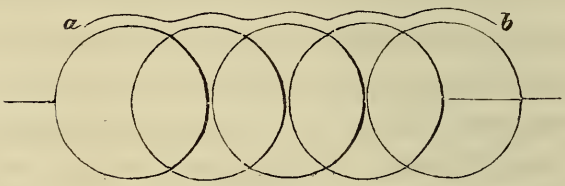


Fig. 28.

Bei stärkerem Anstoße aber beschreiben die einzelnen Wassertheilchen krumme Linien, welche nicht kreisförmig in sich geschlossen sind, es rücken die Theilchen etwas weiter und die Wellenbewegung ist unregelmäßig, wie Figur 29 anschaulich macht.

Durch diese beiden Bewegungsarten der feinsten Theile schreiten nun Hebung und Senkung dadurch weiter, daß allen Theilchen dieselbe Bewegung mitgetheilt wird, jedes folgende Theilchen aber dieselbe später erhält, als das vorhergehende. Wo indessen die Bewegung eine solche ist, wie

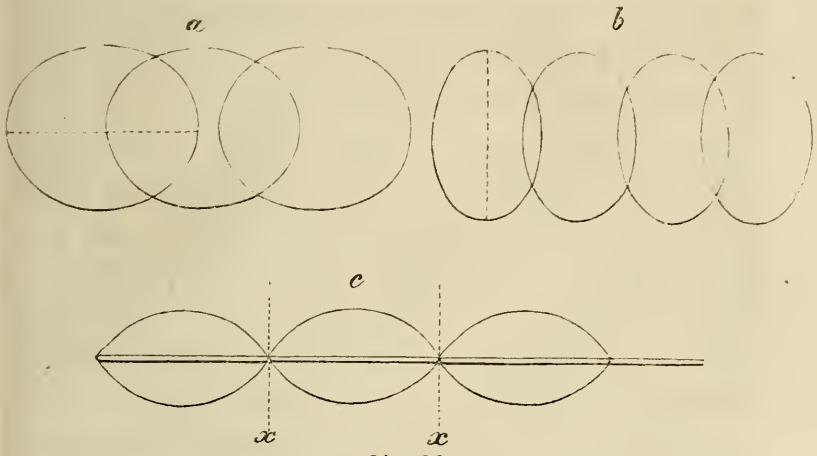


Fig. 29.

Figur 29 versinnlicht und der Kreis nicht wieder geschlossen wird, weil die Linien in elliptischer Richtung weiter fortläuft, indem bald, wie in a der horizontale, bald, wie bei b der senkrechte Durchmesser der größere ist, da können complicirtere Bewegungen stattfinden, die namentlich am schwingenden Seile beobachtet und berechnet worden sind und zu manchen Erklärungen in der Lehre von der viel feineren Wellenbewegung des Lichtes geführt haben. Von besonderem Interesse sind bei diesen Schwingungen eines gespannten Seiles, welche man mit den Augen verfolgen kann, während sie bei einer Saite, ihrer Schnelligkeit wegen nicht mehr zu unterscheiden sind, die sogenannten Schwingungsknoten, welche zwischen den Wellen liegen, die hier zu den nicht kreisförmigen, sondern den elliptischen gehören. Eine heftig schwingende Saite, oder ein Seil in starker Schwungbewegung, wird in seiner Mitte Wellen darstellen, wie in Figur 29 b gezeichnet sind, während bei schwächerer Schwingung (auch schon an den Befestigungsenden des Seiles bei stärkerer

Bewegung) die Wellen solche bauchige Ellipsen bilden, deren größter Durchmesser horizontal ist, wie in Figur 29 c. Jeder dieser Bäuche wird durch einen Ruhepunkt (x) geschieden, den man Knoten nennt. Daß sich die Theile des Seiles hier in Ruhe befinden und an der Schwingung nicht Theil nehmen, läßt sich schon dadurch nachweisen, daß ein hier aufgesetztes Papierreiterchen, etwa aus einem in der Mitte zusammengeknickten Fidibus gemacht, nicht abgeworfen wird, was sogleich geschieht, wenn es auf einen Schwingungsbauch gesetzt wurde. Diese Ruhepunkte der Atome in einem schwingenden Körper erklären sich durch Betrachtung der folgenden Figur 30 a und b.

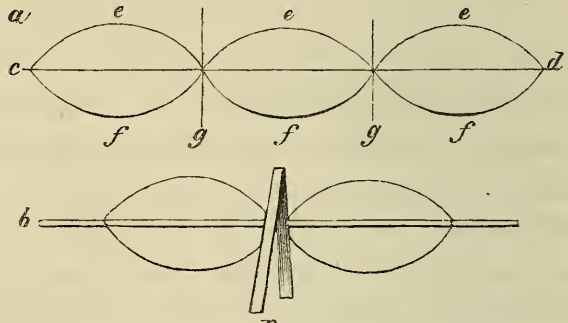


Fig. 30.

Es sei c — d das schwingende Seil — die Bewegung der Theile geht von c aus in den beiden Linien e und f — beide treten in g mit gleicher Kraft wieder zusammen, stoßen sich wieder ab, um eine neue Ellipse zu bilden, und die in g liegenden Atome kommen nicht aus ihrer Lage. Setzt man hier das Papierreiterchen (b p) auf, so bleibt dasselbe ruhig sitzen. —

Diese Knoten oder Ruhepunkte der Theilchen in einem in

Schwingung gebrachten Körper finden nun überall Statt, nicht nur im Seile, in der Saite, sondern auch auf Platten und soliden Körpern. Streuet man auf eine Platte von Holz, Glas, Metall, mag sie eckig oder rund sein, feinen, trocknen Sand, und bringt dieselbe durch Streichen ihres Randes mit einem Violinbogen in Schwingung, nachdem sie an irgend einer Stelle festgehalten ist, so bringen die entstandenen Schwingungen den feinen Sand alsbald in hüpfende Bewegung, er sammelt sich allmälig an den Stellen, wo die Knoten, also die ruhenden Punkte der Platte, liegen und bezeichnet diese durch bestimmte, durchaus nicht zufällige Figuren, welche man, nach dem sinnreichen Entdecker, Chladni's Klangfiguren genannt hat. Meine Leser können sich dieselben selbst, als eine unterhaltende und belehrende Belustigung, leicht anschaulich machen, wenn sie, der Methode von Savart folgend, eine Quadratplatte von Glas oder Metall nehmen, dieselbe mit einem Pulver bestreuen, welches aus Lackmus und Gummiarabicum, zuvor teigartig gemischt, darauf zu einem Pulver bereitet und dann fein durchgesiebt wurde.

Nun befestigt man diese Platte an einer Stelle, etwa zwischen zwei Holzschrauben, wie Figur 31 (s. S. 72) darstellt, und streicht mit einem Geigenbogen irgend eine Stelle des Randes. Das farbige Pulver wird sich an den Ruhepunkten sammeln und hübsche Figuren bilden. Wenn man nun die Platte vorsichtig von der Schraubenklemme nimmt, auf den Tisch legt, ein mit Gummiwasser befeuchtetes Blatt Papier darüber deckt und dasselbe sanft aufdrückt, so setzt sich das Pulver an das Papier und man hat die Klangfigur als feste Zeichnung

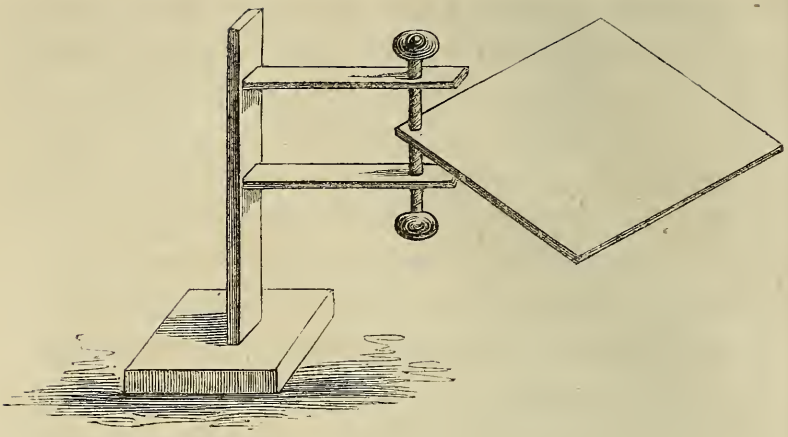


Fig. 31.

auf dem Blatte. Diese Figuren sind, wie gesagt, nicht zufällig und sie lassen sich bedingen, je nachdem man langsamer oder schneller streicht, den Stützpunkt der Platte verändert oder an verschiedenen Stellen des Randes den Geigenbogen ansetzt. Um von den vielen Hunderten dieser Figuren nur einige anschaulich zu machen, lasse ich hier einfache Figuren einer Quadratplatte folgen. Fixirt man die Platte in der Mitte und streicht an einer Ecke, so bilden sich Zeichnungen, wie Figur 32 a b c darstellt; fixirt man die Platte

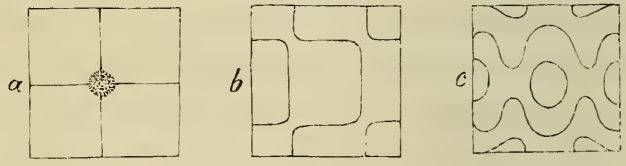


Fig. 32.

ebenfalls in der Mitte und streicht man in der Mitte eines Randes, so erhält man die Figuren 33 a b c.

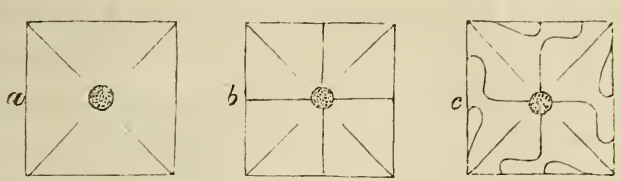


Fig. 33.

Durch Fixirung der Platte auf verschiedenen Punkten und Streichung des Randes an verschiedenen Stellen erhält man die folgenden Figuren 34 a b c d e f. —

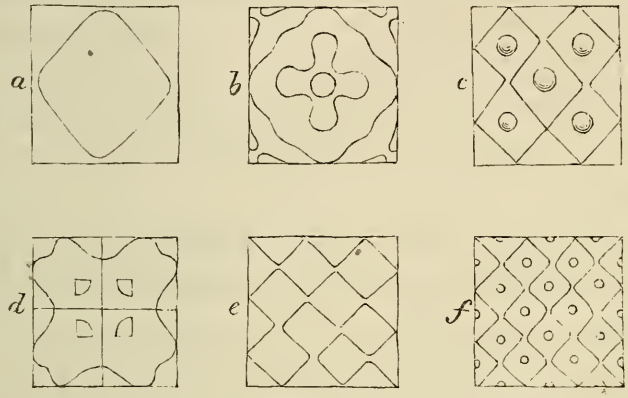


Fig. 34.

Runde Platten geben wieder andere, und zwar concentrische, diametrale und gemischte Systeme von Figuren. —

Ist es nur eine, selbst zur Belustigung dienende Thatsache, daß in einem schwingenden Körper gewisse Theile ruhen, während sich andere in Bewegung befinden, ist es sogar gefunden worden, daß unter bestimmten Verhältnissen diese Ruhepunkte auch vorrücken können, also die ruhenden Atome in Bewegung gerathen und ihre Ruhe nebenliegenden mittheilen — ist es ferner erkannt, daß Körper von verschiedenem Aggregatzustande ihre Schwingungen einander über-

tragen und die Wellenbewegung in festen und flüssigen Körpern ihre besonderen Veränderungen erleiden, daß ferner diese geradlinige Fortwellung auch reflectirt, zurückgestoßen zu werden vermag, wenn sie aus leichteren Körpern, wie z. B. der Luft, auf festere, wie Steine, Holz ꝛc. trifft, woraus das Echo, der Wiederhall entsteht, daß diese Zurückwerfung nach mathematischen Gesetzen erfolgt, wonach der Winkel der Reflexion immer von gleicher Größe des sogenannten Einfallswinkels ist, — so erklären sich daraus viele Erscheinungen im Großen, welche dem Gebiete der Physik angehören und welche uns nur in soweit hier in ihren Ursachen beschäftigen konnten, als wir im kleinsten Raume das thätige Verhalten der Atome bei der Schallschwingung erkennen lernten.

Eine zartere, eigenthümliche Schwingung der feinsten Körpertheile haben wir bereits in der Erscheinung der Wärme würdigen gelernt und auch hier müssen dieselben Schwingungsgesetze, wenn auch in weit feinerer Art, obwalten, wie bei dem Schalle, denn die ausstrahlende Wärme theilt sich der Luft und anderen Körpern mit, von denen einige mehr, andere weniger fähig sind, davon bewegt zu werden und die auf rückwerfenden Flächen reflectirten Wärmestrahlen werden in demselben Winkel, in welchem sie auffallen, zurückgeworfen.

Gleiche durchgreifende Gesetze gelten auch bei einer noch zarteren Zustandsveränderung der Atome, welche wir in ihrer Wirkung Licht nennen. — Auch hier vibriren die feinsten Theilchen auf ähnliche Weise, wie bei dem Schalle, nur sind diese Schwingungen feiner, unsichtbarer, schneller und sie

müssen in den kleinsten, ätherischen Atomen der Körper vor sich gehen.

Was das Licht, das uns belebt, erfreuet und die Naturschönheit vor uns erschließt, wesentlich ist, wissen wir nur gleichnißweise auszudrücken; wir erkennen nur seine Wirkungen und die Gesetze, denen diese gehorchen. Wir sehen von einem leuchtenden Körper das Licht nach allen Seiten hin in geraden Linien ausstrahlen und von der Sonne aus mit ungeheuerer Geschwindigkeit in die großen Räume des Himmels eindringen.

Leuchtende Körper mag man in ihre kleinsten und zartesten Theilchen zerlegen, auch das letzte, noch sinnlich erkennbare Atom wird immer noch als ein leuchtender Punkt erscheinen. Körper aber, welche nicht selbst leuchten, sondern ihr Licht empfangen, (wie die Luft die Schallschwingung von einer tönenden Saite empfängt) verhalten sich anders und zwar verschieden nach ihrer dichteren und lockereren, dickeren oder dünneren Masse, nach welcher man sie, in ihrem Verhalten zum Lichte, undurchsichtig oder durchsichtig (opak oder transparent) nennt. Daß die Durchsichtigkeit nicht immer von der Dicke der Masse abhängt, sondern auch vielfältig von der Art und Eigenschaft der feinsten Theile, woraus der Körper besteht, kann man schon an dem Beispiele einer Glasscheibe und einer gleichdicken Holz- oder Metallplatte erkennen, indem letztere nicht, wie die erstere, das Licht durch sich gehen lassen. Würden aber jene Holz- oder Metallplatten so dünn geschnitten und geschliffen, wie das feinste Papier, so würde auch Licht durch sie hindurch gehen, aber nur scheinend, nicht mehr so klar, daß man

die leuchtenden Gegenstände noch erkennen könnte. Diese Körper werden deshalb durchscheinende genannt. So bekannt und gewöhnlich dieses Phänomen auch ist, so führt es den nachdenkenden Naturbeobachter doch auf die Vermuthung, daß die Atome, welche den durchsichtigen und den durchscheinenden Körper zusammensetzen, einen verschiedenen Einfluß auf den Lichtstrahl, oder vielmehr auf die geradlinigen, eigenthümlichen Schwingungen der feinsten Körpertheile, welche wir in ihrer Wirkung Licht nennen, ausüben müssen. Und für diese Vermuthung giebt es auch gewisse Thatsachen. Kleben wir ein dünnes Goldblättchen auf eine Glasscheibe und sehen durch dasselbe nach einem weißflammenden Lichte oder gegen den hellen Himmel, so wird uns das Licht immer bläulich grün erscheinen, es müssen also die feinsten Theile, welche vom Lichtstrahle in eine eigenthümliche Schwingung gebracht worden sind, dieselbe durch ihre Eigenschaft verändern, schwächen oder anders richten. Und das geschieht auch in allen, selbst in den durchsichtigsten Körpern, wenn dieselben in einer gehörigen Dicke das Licht durch sich gehen lassen, wenn also die Menge der Atome, welche in Schwingung gerathen, bedeutend zugenommen hat. Glas, ungefärbte Flüssigkeiten, Gasarten und Krystalle sind in dünnen Massen vollkommen durchsichtig und verändern das durchgehende Licht nicht; sind sie aber dickmassig, so erscheint das Licht immer gefärbt, das dünne Glas, der Wassertropfen erscheinen völlig farblos, das dicke Glas, das Wasser in Masse hingegen geben dem Lichte eine grünliche Färbung.

Um diese Erscheinung zu erklären, die man gewöhnlich mit der, früher von der Wissenschaft gebrauchten Redensart:

„das Licht wird im Körper ganz oder theilweise absorbirt" — zu bezeichnen pflegte, ist es nöthig, die Vibration der feinsten Körpertheilchen genauer vorstellig zu machen. — Nach den älteren Lehren des berühmten Physikers Newton dachte man sich eine äußerst feine, eigenthümliche Lichtmaterie, die von einem leuchtenden, also aus diesem Lichtstoffe zusammengesetzten Körper in unzähligen, kleinen Theilchen ausströme und zwar mit einer so ungeheueren Geschwindigkeit fortstoße, daß ein solches Lichttheilchen den Weg von der Sonne bis zu unserer Erde, also weit über 20 Millionen Meilen, in einer Zeit von 8 Minuten und 13 Secunden zurücklege. Diesen Stoff, welcher der Wirkung der Schwerkraft durchaus nicht unterworfen sein kann, nannte man deshalb unwägbar, ein Imponderabilium und man dachte sich die Reflexion des Lichtes als ein Zurückprallen jenes höchst elastischen Stoffes und die Erscheinung der verschiedenen Farben als eine ungleiche Geschwindigkeit in der Fortströmung der Lichttheilchen, während man die Brechung der geraden Linie des in brechungsfähige Körper einfallenden Strahls dadurch erklärte, daß einmal zwischen den feinen Atomen der durchsichtigen Körper äußerst kleine Räume sich befänden, um dem Lichtstoffe den Durchgang zu gestatten, dann aber auch die feinsten Körpertheilchen selbst eine anziehende Kraft auf die Lichtmaterie ausübten, wodurch diese von ihrer geradlinigen Strömung abgelenkt würde. Man nannte diese Anschauung die Emanationstheorie und sie galt lange Zeit für die maßgebende in der Naturlehre, indem sie alle Erscheinungen des Lichtes zu erklären vermochte.

Eine neue Entdeckung im Verhalten des Lichtes gab aber

dieser Ansicht einen gewaltigen Stoß, da sie das neue Phänomen nicht genügend zu erklären vermochte. Wenn man nämlich in ein dunkles Zimmer einen Sonnenstrahl durch eine feine Oeffnung fallen läßt und einen schmalen, undurchsichtigen Körper in diesen Strahl bringt, so bemerkt man, daß dessen Schatten breiter ist, als es nach den geradlinigen Strahlen des Lichtes erwartet werden konnte. Fängt man ferner den, durch eine feine Oeffnung im Fensterladen in das dunkle Zimmer fallenden Lichtstrahl auf einer weißen Tafel auf, so ist immer der erleuchtete Punkt größer, als die geraden Linien geometrisch gestatten würden. Die Lichtstrahlen sind also aus ihrer geraden Richtung herausgekommen, sind gebeugt und man bezeichnete vorläufig das Phänomen als Inflexion oder Diffraction des Lichtes. — Man lernte aber noch eine neue Erscheinung kennen, nämlich, daß zwei durch verschiedene Oeffnungen in ein dunkles Zimmer fallende Lichtstrahlen, wenn man sie auf einem weißen Papiere in solcher Entfernung auffängt, daß die hellen Punkte theilweise über einander fallen, nicht die Lichthelle überall auf dem entsprechenden Raume verstärken, sondern auch theilweise verdunkeln, und eine Reihe von späteren Beobachtungen hat bewiesen, daß zwei Lichtstrahlen, welche sehr nahe in gleicher Richtung neben einander fortlaufen, bei ihrem Zusammentreffen nicht immer die Helligkeit verdoppeln, sondern sich auch gegenseitig vernichten, verdunkeln können. — Diese gegenseitige Einwirkung der Lichtstrahlen nannte Young, welcher die gleiche, frühere und nicht gehörig gewürdigte Entdeckung wieder aufnahm, die Interferenz.

Die neueste Ansicht von der Schwingung äußerst feiner Theilchen als Ursache des Lichtes, erklärt aber auch diese Erscheinung vollständig. Man nimmt nämlich mit richtigen Gründen an, daß leuchtende Körper die Fähigkeit besitzen, ihre eigenthümlichen Atome in eine besondere Schwingung zu versetzen, diese dem Weltraume und dessen kleinsten Theilchen, welche man Aether nennt und die den Weltraum füllen mitzutheilen und so auf die feinsten Theilchen der irdischen Körper zu übertragen, welche zwischen ihren gröberen, wägbaren Atomen auch mit den feinen Aethertheilchen durchdrungen sind. Wir hätten demnach das Licht als eigenthümliche Aetherschwingung aufzufassen, die in fortwellender geradliniger Bewegung von den leuchtenden, Anstoß gebenden Körpern ausgeht, den Weltraum bewegt und die Körper, welche nicht selbst leuchten, in wellenförmige Mitschwingung bringt. Und das Licht verhält sich dann zum Aethertheilchen, welches vibrirt, ebenso, wie der Schall zum schwingenden Körperatome, es besteht demnach der Lichtstrahl aus geradlinig fortlaufenden Wellen, ähnlich denen an einem gespannten Seile, auf dessen eines Ende man einen starken Schlag gethan hat. Und die genauen Prüfungen der Eigenschaften eines Lichtstrahls haben die Wellenbewegung der feinsten ätherischen Theilchen mathematisch gewiß zu bestimmen gesucht, es ist nicht nur die ungeheuere Geschwindigkeit dieser Bewegung, sondern die Wellenlänge jedes Theilchens Gegenstand der Messung*) geworden und die Wis-

*) Rothe Strahlen machen in einer Secunde 458 Billionen, violette aber 727 Billionen Schwingungen. Bei dieser raschen Schnelligkeit der fol-

senschaft hat zu beweisen vermocht, daß zwei Aethertheilchen, die auf dem Wege eines Lichtstrahls um $1\frac{1}{2}$ Wellenlänge von einander entfernt sind, stets in gleichen, aber entgegengesetzten Geschwindigkeiten begriffen sind.

Diese Wellenlänge ist wieder bedeutsam für die Erklärung der Stärke des Lichts und der Farbenerscheinung und hier knüpfe ich denn die Betrachtung wieder an das vorhin unerklärt gelassene Phänomen der Beugung und Interferenz des Lichtes an. — Vollkommen starkes Licht ist weiß und ihm entsprechen die stärksten und längsten Wellen der feinsten Theilchen im Aether und in den Körpern. Von den sieben Farben, wie sie uns der Regenbogen darstellt, nimmt die Stärke der Wellen sowol wie ihre Länge von der rothen bis zu der violetten Farbe immermehr ab, so daß die Wellenlänge des rothen Lichtstrahles die größte, die des violetten aber die kürzeste ist; da aber lange Wellen langsamer als kurze Wellen sich bewegen, so ist auch die Schwingung des violetten Lichtes bedeutend schneller, als die des rothen — und so entspricht die Verschiedenheit der Farben auch der ungleichen Höhe und Tiefe der Töne. —

Durch diese Schwingungen, welche den Lichtstrahl verursachen, erklären sich nun alle bereits angedeuteten und noch zu erwähnenden Erscheinungen. — So wie es bei Schallwellen gewisse Knoten oder Ruhepunkte giebt, wo die feinsten Theilchen durch zwei Bewegungsrichtungen in ihrer eigenen Mitbewegung auf Null gesetzt und in Ruhe gehalten werden,

---

genden Wellenstöße ist das Vibriren selbst, also das abwechselnde Stärker- und Schwächerwerden des Lichtes gar nicht mehr zu unterscheiden. —

so können auch zwei Lichtstrahlen durch gegenseitige Einwirkung ihrer gleichen Wellen sich in der Mitschwingung feiner Theilchen interferiren und gewisse Atome zur Ruhe bringen, woraus dann Dunkelheit entsteht. Es ist hier dasselbe Gesetz wirksam, wie beim Schalle, wo zwei entgegengesetzte Kräfte sich aufheben. Denke man sich in Figur 35 den Lichtstrahl A — B und den punctirten zweiten Lichtstrahl C — D — so

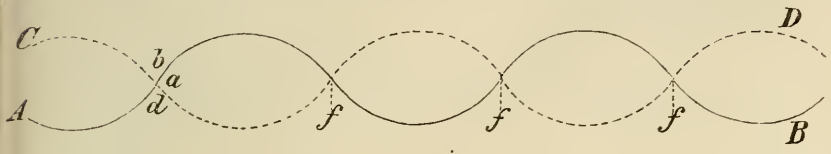


Fig. 35.

wird in a die Welle b nach oben, die Welle d nach unten getrieben, in a muß jede Bewegung aufgehoben sein, wie in f f f und hier ist Ruhe oder Dunkelheit. —

Die Zurückspiegelung der Lichtstrahlen ist aus den Gesetzen des Schalles ebenfalls leicht zu erklären; die Lichtwelle trifft einen Körper, welcher, der Eigenthümlichkeit seiner Atome nach, eine zu große Elasticität besitzt, um die anstoßende Welle seinen eigenen, feinsten Theilchen mitzutheilen; es wird die Welle in derselben Winkelrichtung, wie sie anstieß, zurückgeworfen und pflanzt sich nun in der Luft rückwärts fort. — Ein Lichtstrahl wird gebrochen, indem er einen Körper trifft, welcher weniger elastisch ist, als das Medium, worin die Lichtwellen unmittelbar vor dem Körper stattfinden, es erhalten die Wellen eine neue Geschwindigkeit, sie treffen auf eine krumme Fläche, wodurch die Welle eine entsprechende Ablenkung von ihrer geradlinigen Fortbewegung erleidet, oder auf eine ebene Fläche in schräger Richtung,

wodurch die Weiterbewegung der Wellen, z. B. in den feinsten Wassertheilchen eines gefüllten Eimers, so abgelenkt wird, wie das mathematische Gesetz bestimmt, wonach der Einfallspunkt dem Centrum eines Kreises gleich ist, dessen Halbmesser bis zu der Linie reicht, welche in demselben Winkel, in dem der Strahl die Fläche berührte, nach unten durch den leuchtenden Körper gezogen gedacht wird. Figur 36 möge dieses versinnlichen helfen.

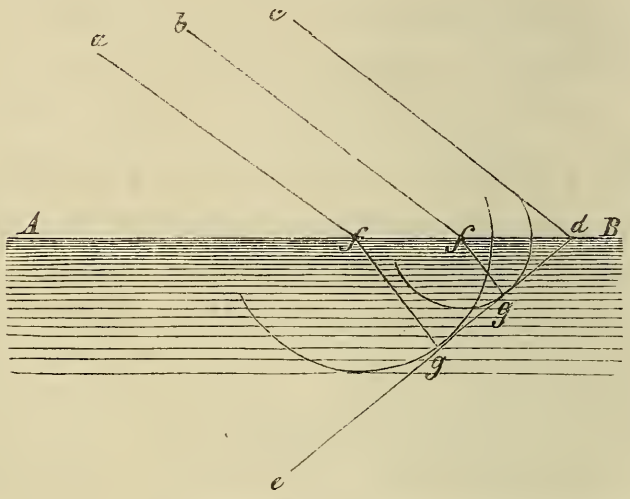


Fig. 36.

In das Wasser A — B fallen die Lichtstrahlen a b c in schräger Richtung ein. Dem Einfallswinkel von c d A gleich ziehe man eine Linie d e durch das Wasser, betrachte die Einfallspunkte f f der Linien a b als Centra von Kreisen, welche in g g die erstgezogene Linie d e berühren, so giebt der Radius f g die Richtung an, in welcher die Lichtwellen abgelenkt und weiter geleitet werden.

Trifft ein Lichtstrahl mit starken Wellen, also ein weißer

oder rother, auf einen durchsichtigen Körper, so pflanzen sich die Wellen schnell durch die dünne Masse desselben fort, ohne von ihr eine Veränderung zu erleiden. Ist aber die Masse dicker, wie Wasser, dickes Glas, dann bekommt das weiß einfallende Licht eine farbige Veränderung, es erscheint bläulich, grünlich oder dunkler, was seine Erklärung darin findet, daß die Atome des Körpers in großer Masse vereinigt, ihren summarischen Einfluß, der bei geringerer Masse unmerklich bleibt, dem Lichtstrahle mittheilen, die Wellen desselben schwächen und dadurch Färbung und Verdunklung verursachen.

So wurde uns, gleich dem Schalle und der Wärme, auch das Licht ein nur in den Zuständen der feinsten Körpertheilchen im kleinsten Raume verständliches Phänomen und deshalb auch Gegenstand unserer mikrokosmischen Betrachtung. —

Aber es giebt noch andere, nicht weniger erstaunenswerthe Bewegungen in den, dem kleinsten Raumverhältnisse angehörigen Atomen der Körperwelt, welche in ihren Erscheinungen im Großen als bedeutende und gewaltige Naturkräfte auftreten und doch der Action unsichtbarer Theilchen bedürfen, um zur Aeußerung ihres Wesens zu gelangen. Freilich kennen wir diese Zustandsveränderungen der feinsten Atome nicht erfahrungsmäßig und nachweisbar, sondern nur aus allgemeinen Erscheinungen schließt die Wissenschaft auf ein besonderes Verhalten und eine eigenthümliche Erregung der feinsten, atomistischen Körperbestandtheile. Ich rede hier von den Erscheinungen der Electricität und des Magnetismus.

Wem sollte in gebildeter Sphäre heutigen Tages die lange Reihe bedeutender Entdeckungen unbekannt geblieben sein, welche in den Erscheinungen dieser genannten Naturkräfte und in ihren Gesetzen wie Nutzanwendungen derselben von der Wissenschaft und Technik gemacht worden sind? — Gerade in diesem Gebiete der experimentiellen Naturforschung sind in den letzten zwanzig Jahren die Resultate großartig und, für die Dienstbarmachung wunderbarer Naturkräfte zum Nutzen der Menschen, ebenso präcis wie erfolgreich gewesen; wir kennen die Gesetze, die verschiedenen Formen und Bedingungen der Electricität, als Erscheinung im Großen — aber das eigentliche Wesen derselben ist immer noch ein Geheimniß geblieben und der Theorie überlassen, die ihren Lehrsätzen und Vorbegriffen nur dadurch Gültigkeit zu geben weiß, daß sie Ansichten aufstellt, aus welchen sich alle Erscheinungen ohne Zwang erklären lassen. —

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß Electricität, in ihren verschiedenen Charakteren, als Galvanismus, Inductionsstrom ꝛc., und Magnetismus ihre nächste und ursprüngliche Ursache in den feinsten Körpertheilchen habe, daß sie diese in Zustände, Eigenschaften und Bewegungen versetze, deren summarische Wirkung wir nur wahrzunehmen vermögen und daß sie recht eigentlich im kleinsten Raume ihre ersten Bedingungen finden. Freilich ist es schwer, sich über das Wesen und den letzten Grund der Electricität, also über die Zustandsveränderungen der feinsten Theile, eine so klare Vorstellung zu machen, wie es von den schwingenden Atomen-Bewegungen, welche wir im Großen als Schall, Wärme und Licht erkennen, der Fall ist, wir wissen nur, daß bei der

electrischen Erscheinung eine eigenthümliche Strömung Statt findet, welche von allen anderen Bewegungen der Art in den feinsten Theilen der Körper sich dadurch charakteristisch unterscheidet, daß sie in sich selbst zurückzulaufen strebt und also statt der geraden Linie immer die kreisende Bewegung zu durchlaufen sucht.

Ist einmal angenommen, daß alle Körper, neben den gröberen Elementar-Atomen, welche den verschiedenen Körpern Qualität, Quantität, Schwere, Wahlverwandtschaft, Aggregatzustand, chemische Eigenschaften geben und, durch die verschiedenen Zustände von Ruhe und Vibration, die Körper schallend machen und erwärmen, noch weit feinere unwägbare Theilchen in sich enthalten, welche man schlechtweg Aether genannt hat, und aus deren schwingender, geradliniger Wellenbewegung man die Erscheinung des Lichtstrahls erklärte, so ist auch die Ansicht eine naheliegende, daß diese feinen Aethertheilchen bei der electrischen Erscheinung in eine eigenthümliche Strömung gerathen, in welcher sie von Körper zu Körper fortrücken, um auf dem raschesten und kürzesten Wege wieder nach dem Ausgangspunkte zurückzukehren. — Da sich nun die Körper in der Bewegung oder Fortleitung dieser ätherischen Strömung ebenso verschieden verhalten, wie bei der Wellenbewegung des Schalles, der Wärme und des Lichtes, da gewisse Körper ein große Fähigkeit haben, Electricität zu erzeugen oder fortzuleiten, während anderen Körpern dieselbe nur sehr gering zukommt oder ihnen gänzlich mangelt (Isolatoren), so ist wahrscheinlich, daß dieser feine Aetherstoff, der in die Körper, zwischen ihre wägbaren Atome eingemengt ist, sich auch

verschieden verhalte, hier mehr, dort geringer vorhanden, hier beweglicher und empfänglicher, dort gebundener und starrer, vorhanden sein müsse. Eigenthümlich ist dabei, daß solche Körper, welche leicht electrische Strömung hervorrufen (anregen) wenig oder fast gar nicht geneigt sind, diese Strömung fortzuleiten und gute Leiter wieder umgekehrt, nicht die Strömung selbst anzuregen vermögen. Laufen zwei Strömungen gleicher Richtung parallel neben einander fort, so üben sie gegenseitig ein Anziehungsvermögen auf einander aus, während sich begegnende, entgegenkommende Strömungen sich feindlich abstoßen. Es gehen also in den feinsten, ätherischen Körpertheilchen eigenthümliche Zustandsveränderungen vor, die, trotz der gleichnamigen Strömung, doch wieder unter sich verschieden sind; die Körper werden danach in electrische und unelectrische, gute und schlechte Leiter, verschieden polarisirte, positive und negative, eingetheilt.

Die einfachste Art, in electrischen Körpern diese eigenthümliche Strömung zu erregen, ist die durch Reibung. Es ist ja bekannt, daß Siegellack, Harz, Schwefel, Glas ꝛc. auf Wolle gerieben, leichte Körperchen, wie Papierstückchen, anziehen und im Dunkeln leuchten. — Durch die Reibung müssen also die feinsten, ätherischen Theilchen eine Zustandsveränderung erleiden, in Folge deren sie in ausströmende Bewegung gerathen, es müssen zugleich in den Aethertheilchen verwandte Wellenbewegungen des Lichts hervorgerufen werden, weil electrische Körper im Dunkeln leuchten. —

Wenn aber zwei Körper mit einander in Berührung gesetzt werden, welche chemisch und ihrer ganzen Structur nach verschieden sind, oder in ihren Wärmegraden nicht über-

einstimmen, dann entsteht ebenfalls eine electrische Strömung, welche man Contact-Electricität genannt hat. Am hervorstechendsten haben die Metalle diese Eigenschaft und man kann den Versuch sehr leicht mit Zink und Kupfer machen. Hier ist also die Thatsache gegeben, daß zwei Körper, deren elementarische Zusammensetzung und physikalischen Zustände von einander verschieden sind, mit ihren Atomen und ätherischen, feinsten Theilchen auf einander wirken, letztere in eine Bewegung bringen und Strömung verursachen. Daß aber Zustandsveränderungen der wägbaren Atome, jener, welche wir bereits in ihren chemischen Kräften, ihrer dichteren oder lockereren Lagerung und ihrem Cohäsionsvermögen kennen lernten, einen großen Einfluß auf jene feineren, ätherischen Theilchen der Licht- und Electricitätserscheinung auszuüben vermögen, sieht man recht deutlich aus der Erfahrung, nach welcher nicht nur Electricität entsteht, sobald ein Körper im Uebergange in einen anderen Zustand befindlich ist, also seine Atomenmasse umgestimmt oder umgelagert oder im Aggregatzustande verändert wird, sondern auch eine recht lebhafte electrische Strömung entsteht, wenn ein Körper sich chemisch umgestaltet, also in seinen Atomen eine Bethätigung der chemischen Kraft, eine Trennung, Auflösung oder neue Verbindung obwaltet. Die chemische Zersetzung ist hier ein bedeutender Erreger der Bewegung und Strömung in den feinsten Aethertheilen und hierauf gründet sich das Experiment der Volta'schen Säule, der galvanischen Kette und der Batterien, wo nicht allein Berührung ungleicher Körper, sondern auch chemische Zersetzung durch eingreifende Flüssigkeiten mitwirkt.

Wie aber chemische Zersetzung die eigenthümliche Aetherströmung der Electricität erzeugt, so vermag diese letztere wied erin anderen Körpern auf die chemische Kraft der Atome zersetzend einzuwirken, ein galvanischer Strom in Wasser geleitet, trennt dasselbe schnell in seine beiden elementarischen Bestandtheile, Wasser- und Sauerstoff, es scheint also die electrische Bewegung der Aether-Atome auf die Urkräfte der wägbaren Atome störend einzuwirken, ihre chemische Wahlverwandtschaft zu bezwingen, ihre Anziehung zu einander zu überwinden und die Atome mit fortzureißen und ihnen die Feindschaft und abstoßende Gewalt zweier entgegengesetzten Ströme mitzutheilen, weil sie sich an den verschiedenen Polen der galvanischen Kette wieder finden — in unserem oben gebrauchten Beispiele der Wasserstoff am Kupferpole, der Sauerstoff am Zinkpole. — Die zwischen den chemischen Atomen gelagerten Aethertheilchen kommen demnach in solche überwiegende Bewegung, daß sich die Atome aus dem Kreise ihrer elementaren Anziehung reißen und nun die anhaltlosen Atome beherrschen, sie den Anziehungs- und Abstoßungsgesetzen der electrischen Strömung unterwerfen. Wie das nun geschieht, können wir nicht beweisen, wir erkennen nur die Erscheinungen im Großen, daß die Ursache und das Wesen aber in den feinsten, unwägbaren Körpertheilchen und im kleinsten Raume zu suchen sind, ist nicht zu bezweifeln und deshalb müssen wir auch dieser Phänomene hier erwähnen.

Ebenso verhält es sich mit dem Magnetismus, — jener eigenthümlichen, der Sage nach zuerst in der Stadt Magnesia entdeckten Eigenschaft des Eisenerzes, (welches man in großer Menge in Schweden unter dem Namen: „Magnet-

stein" findet) nämlich Eisen und Nickelmetall anzuziehen, an seiner Oberfläche festzuhalten und auch diese Kraft auf Stahl zu übertragen. In einem magnetischen Stahlstabe zeigen sich zwei Polaritäten, denn bestreuet man ihn in seiner Mitte mit Eisenfeile, so bleibt hier nichts daran hängen, während beide Endpunkte dieselben festhalten, und hängt man ihn an einem dünnen Fädchen oder Haare schwebend auf, dann nimmt er sehr bald eine bestimmte Lage an, ein Ende wird sich nach Norden richten, das andere dadurch gegen Süden gekehrt werden. — Die verschiedenen Eigenschaften des Magnetismus hier übergehend und auf das Lehrbuch der Physik verweisend, fragen wir zunächst, wo haben wir die Ursache und das Wesen dieser merkwürdigen Naturerscheinung zu suchen? Daß auch hier in den feinsten Theilchen im kleinsten Raume eigenthümliche Veränderungen Statt finden müssen, dürfen wir schon aus der oberflächlichen Wahrnehmung schließen, daß ein magnetisch gemachter Eisen- oder Stahlstab keine Veränderung in seiner Form, Zusammensetzung und Schwere verräth, daß nur eine Kraft an ihm thätig erscheint, die seinen unwägbaren, also feinsten Theilchen angehören muß. Daß diese Zustandsveränderung derselben entweder in denselben Aetherbestandtheilen der Körper, in welchen die electrische Bewegung geschieht, vorgeht, oder doch sehr nahe mit ihr verwandt ist, darf man aus dem großen Einflusse schließen, welchen Electricität auf Magnetismus ausübt, indem zwischen beiden eine innige Wechselwirkung Statt findet, Electricität plötzlich, und wenn ihr Strom auch nur am Eisen isolirt vorübergeht (wie bei den magneto-electrischen Inductionsmaschinen) starke magnetische Kraftäuße-

rung im Eisen erregt und umgekehrt wie Magnet heftige electrische Strömungen in anderen metallischen Körpern zu erzeugen vermag, worauf ja die ganze Construction unserer electro-magnetischen Telegraphen beruhet. — Daß in den Atomen aber eine besondere Zustandsart vorhanden sein muß, wenn der Magnetismus sich äußern soll, beweiset auch der Umstand, daß ein magnetisches Eisen schnell seine Kraft verliert, wenn es erhitzt wird, also seine Atome in Wärmeschwingung gerathen und weiter von einander entfernt werden. So kann auch die magnetische Thätigkeit der Aethertheilchen im Eisen keine gänzlich fremde von der, das Licht verursachenden Schwingung dieser feinsten Atome sein, da es Thatsache ist, daß der violette Lichtstrahl fähig ist Stahlnadeln in einigen Stunden magnetisch zu machen, wenn man dieselben bis zur Hälfte mit Papier bedeckt und durch das Prisma den violetten Farbenstrahl auf die unbedeckte Hälfte fallen läßt, deren Ende dann zum Nordpole der Nadel wird.

Man hat die magnetische Kraft eine Flüssigkeit, (Fluidum) genannt und von einer zweifachen gesprochen, deren eine gegen Norden, die andere gegen Süden sich sammle. Soll aber eine Flüssigkeit, und mag sie noch so fein und unwägbar sein, auf einen anderen Körper, welcher zur Aufnahme fähig ist, übertragen werden, so muß sie in dem ersteren Körper abnehmen und wieder erzeugt werden. Nun ist es aber bekannt, daß man von einem Magneten unzählige Eisenstücke magnetisch machen kann, indem man sie damit bestreicht, ohne daß er auch nur im Geringsten etwas von seiner magnetischen Kraft verliert; es geht also nichts von dem stofflichen Substrate dieser Kraft in das andere Eisen über,

das ohnehin seine magnetische Eigenschaft spurlos verliert, wenn es in gar keiner Berührung mit dem Magneten bleibt. Es scheint mir daher annehmbar zu sein, daß zwischen den wägbaren Atomen des natürlichen Magnetes, die aus Eisentheilchen und Sauerstofftheilchen bestehen, die feinsten ätherischen Atome, ähnlich denen, die den Lichtstrahl vermitteln, in einem eigenthümlichen Zustande, mag man ihn Oscillation oder Strömung nennen, befindlich sind und die Fähigkeit haben, durch bloße Annäherung und Berührung mit gleichen, noch ruhenden Theilchen im Eisen, diese in einen gleichnamigen Zustand zu versetzen, der wieder in Ruhe zurückkehrt, sobald die Berührung aufgehört hat — ähnlich dem Mitklingen der Körper, wenn ein Ton erschallt, der demjenigen entspricht, den die mitklingenden Körper, gemäß ihrer Schwingungsverhältnisse, ohnehin angeben würden. — Ein vorüberziehender electrischer Strom wird demnach, allein durch seine Nähe, im Eisen die eigenthümlichen Aethertheile in Mitbewegung setzen, aber diese in ihrer besonderen Eigenschaft als magnetische Kraft erscheinen, während Glühhitze augenblicklich jenen feinsten Eisentheilchen die Fähigkeit zu jener magnetischen Thätigkeit raubt.

Es scheint aber schon dem Laien bei längerer Beobachtung die eigenthümliche Richtung der magnetischen Kraft des Eisens von einer anderen, allgemeineren Kraft abhängig zu sein, welche einem Strome gleicht, der vom Erdäquator ab, gegen Norden und Süden wirkt. Diese Kraft ist es denn auch, welche man Erdmagnetismus nennt. Auf allen Punkten der Erdoberfläche, auf Meeren und Bergen sowol, wie in tiefen Schachten, nimmt die Magnetnadel stets eine

bestimmte nördliche Richtung an, es ist erkannt worden, daß unsere Erde selbst ein großer Magnet ist, dessen Pole und Aequator sich ebenso verhalten, wie Polenden und Mittellinie einer Magnetnadel, es ist die Beobachtung mit größter Genauigkeit gemacht, daß die magnetischen Pole der Erde nicht mit den Achsenpolen der Erdkugel zusammenfallen, sondern nur in ihrer Nähe liegen, daß also die Magnetnadel um so mehr von der Erdachse abweichen (decliniren) muß, je mehr sie vom Aequator entfernt und einem Pole genähert wird, da im Aequator sich beide Linien durchschneiden. —

Wenden wir diese Beobachtung auf die gesuchte Erklärung des magnetischen Wesens in den feinsten Theilchen der Körper an, so muß eine, den Erdkörper in seinen ätherischen, die Zwischenräume der wägbaren Atome ausfüllenden Molekülen ergreifende Bewegung, eine Oscillation gedacht werden, eine feine, in den kleinsten Räumen sich fortpflanzende Erzitterung der Theilchen, welche in gerader Linie, die Erdachse im Aequator durchschneidend, gegen Norden und Süden gerichtet ist und die feinsten, ähnlichen Theilchen im Eisen anregt, in gleiche Kraftäußerung zu treten. — Letzteres zeigt sich recht augenscheinlich, wenn man ein Eisenstäbchen in der Richtung der magnetischen Erdströmung aufhängt und dasselbe dadurch selbst magnetisch wird, indem es sich immer entschiedener und fester gegen die magnetischen Erdpole richtet. An einer Magnetnadel bemerkt man aber auch eine fortwährende Schwankung, bald östlich, bald westlich, es ist diese Erdthätigkeit in einer steten, unruhigen Oscillation begriffen und sie scheint von Zeit zu Zeit zu revolutionären Explosionen zu kommen, in eine tumultuarische Bewegung, welche

selbst an den Polen, wo sie immer am stärksten ist, die Aethertheilchen in leuchtende Schwingungen mit fortreißt und als Nordlicht sichtbar wird. Während eines Nordlichtes ist die Magnetnadel nicht nur in unruhigster und beständiger Bewegung, sondern sie wird auch bedeutend von der normalen Richtung abgelenkt, und zwar um so heftiger, je stärker das Nordlicht ist und je näher dem Pole die Nadel sich befindet.

Mit dieser allgemeinen Betrachtung der Naturerscheinungen, welche wir im Großen als Licht, Electricität und Magnetismus kennen, verlassen wir ein Gebiet unserer Darstellung, welches an die äußerste Grenze streift, wo das sinnlich Wahrnehmbare der Körperwelt in den kleinsten Raumverhältnissen sich so verfeinert, daß man die Gegenwart eines Stoffes nur noch aus den Wirkungen im Großen schließen kann und die Hypothese an der Grenze der Wahrnehmung mit ihrer Erklärung zu Hülfe kommen muß. Die Grundlehre jener Kräfte der Natur, die wir Licht, Electricität und Magnetismus nennen, gehört aber entschieden in unser Erforschungsobjekt des kleinsten Raumes hinein, denn hier allein können die Anfänge und Ursachen gesucht werden, welche in ihrer summarischen Wirkung die Körper sichtbar in eigenthümliche Zustände versetzen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal das bisher dargestellte Gebiet der Atome, der kleinsten Körpertheile im kleinsten Raume, so haben wir zunächst erkannt, daß alle Naturkörper, mögen sie anorganische oder organische heißen, aus Theilchen bestehen, die nicht mehr zerlegt werden können,

die nicht mehr zusammengesetzt erscheinen, aber als wägbare Atome der sinnlichen Wahrnehmung zugänglich bleiben oder doch ihre körperliche Gegenwart durch besondere Eigenschaften verrathen. — Wir haben begriffen, daß diese feinen Theilchen an sich beständig und unvergänglich sind, also den Elementen der Körperwelt ein ewiges Dasein zukommt, daß alle zusammengesetzten Körper sich einzig und allein nur durch die verschiedene Art und Weise unterscheiden, worin die Elemente sich jedesmal verbunden haben, und daß die Vergänglichkeit in der Natur nur die Form und Zusammensetzung der Körper betrifft, während die Atome und einfachen Stoffe unvergänglich sind. Wir haben an diesen elementarischen Atomen gewisse bestimmte und unabänderlichen Gesetzen der Schöpfung gehorchende Eigenschaften oder Kraftäußerungen erkannt, sogenannte chemische Kräfte, die sich offenbaren in der Anziehung, Abstoßung, Wahlverwandtschaft, so wie in der Abhängigkeit von maßgebenden, mathematischen Formbestimmungen, die der Schöpfer, gleich liniaren Grundrissen, durch die kleinsten Räume der Natur zog. Die nähere Betrachtung dieser Formbestimmungen lehrte uns, daß alle unorganischen Element-Verbindungen dem Gesetze der sich durchschneidenden Linien, dem Winkel, unterworfen sind und die ganze Mannichfaltigkeit der unorganischen Naturgestalten sich auf maßgebende, gerade Achsenlinien und deren construirte Winkel und Flächen zurückführen läßt, die wir in den Krystallisationssystemen dargestellt fanden, während die zusammengesetztere, complicirtere und deshalb höhere Natur der organischen Körper sogleich mit

der vollkommensten mathematischen Figur, der Kugel, in die Reihe der Gestaltungen eintritt. — Außer diesen permanenten, inwohnenden Eigenschaften der Elementar-Atome haben wir aber noch Zustandsveränderungen derselben kennen gelernt, nicht allein Zustände der Ruhe, mechanische Lagerungsmodificationen, woraus uns verständlich wurde, daß eine bestimmte Anzahl von namhaften Elementen, welche einen Körper darstellen, sich nur in seiner räumlichen Ordnung zu verändern braucht, ohne daß ein neues Element hinzutritt, oder ein bereits anwesendes ausscheidet, um mit der neuen Umlagerung auch einen ganz neuen Körper darzustellen, welcher mit dem vorigen gar keine Aehnlichkeit hat — sondern wir lernten auch Zustandsveränderungen der Bewegung kennen, ein Heraustreten der Atome aus ihrer Lagerungsruhe und Anziehungsfessel in eine schwingende Unruhe, die uns als Schall, als Wärme sinnlich wahrnehmbar wird. Noch andere Erscheinungen der Körper führten uns zu der Ansicht und mehr als muthmaßlichen Annahme, daß zwischen den elementaren Atomen der Körper noch ein weit feinerer, unwägbarer Stoff eingebettet liegen und auch den ganzen Weltraum zwischen Sonnen und Planeten ausfüllen müsse, ein außerordentlich zarter, leicht beweglicher Aether, dessen wellenförmige oder strömende Bewegungen uns die merkwürdigen Erscheinungen des Lichtes, der Electricität und des Magnetismus erklären helfen und die auch die wägbaren Atome in ihren mechanischen, ruhenden Lagerungsverhältnissen, ihren chemischen Kräften und gröberen Bewegungen zu verändern im Stande sind.

Mit diesen Vorkenntnissen treten wir nun in das speciellere Wissenschaftsgebiet der mikroskopischen Natur, in die kleinsten Räume und vor die kleinsten Gestaltungen, Kraftäußerungen und Gesetze der organischen Körperwelt. —

Dritter Brief.

Neue, erstaunenswürdige Wunder eröffnen sich dem ersten profanen Blicke, welchen der Mensch in das kleinste Raumgebiet der organischen Natur wirft. Es ist dem mikroskopischen Naturforscher unzählige Male der hohe belohnende Genuß zu Theil geworden, die Bewunderung und die schweigende Andacht zu gewahren, wenn er gebildete Freunde der Natur vor sein Mikroskop führte und ihnen zum ersten Male eine Welt erschloß, welche seither entweder gar nicht geahnt war, oder aus welcher die Berichte mit mißtrauischem Zweifel und daher mit Gleichgültigkeit angehört worden waren oder welche nur die Phantasie angeregt hatte, die buntesten, willkürlichsten Bilder einer Zauberwelt hineinzuträumen. Wie erstaunt aber das Auge Dessen, welcher nie an die Existenz dieser Welt im kleinsten Raume gedacht hatte, wenn er hier dieselbe farbige und gestaltenreiche Mannichfaltigkeit, ja, wenn er hier neue, phantastische Formen, mannichfaltige Lebensbewegungen, Willkür, Zuneigung und Feindschaft, Pflanzen und Thiere findet, die ihre Schönheit, ihr prangendes Grün oder Roth zur Schau

tragen oder sich des Daseins freuen, indem sie das erquickende Licht suchen, sich nähren und für die Erhaltung ihrer Gattung thätig sind — wie fühlt sich der Mißtrauische überrascht, wenn er plötzlich, mit einem Blicke durch das Instrument des Forschers, vor einer Welt steht, die er bezweifelt oder für Selbsttäuschung der Berichterstatter gehalten hatte! Er glaubt anfänglich noch an einen Trug seiner eigenen, geblendeten Augen, betrachtet mißtrauisch das kaum sichtbare Stäubchen, Tröpfchen oder den vermeintlichen Schmutzfleck auf dem Glastäfelchen, welches der Naturforscher ihm unter das Mikroskop gelegt hatte, er untersucht das Instrument selbst, ob es auch nicht, einer Laterna magica gleich, Blendwerk vor sein Auge zaubere und ruft endlich in Ehrfurcht vor der Natur aus: „unglaublich — und doch schaue ich es wahrhaftig und in Wirklichkeit!“ — Wie andachtsvoll und vielsagend wird aber das Schweigen Desjenigen, welcher sich in diese kleinsten Räume der Natur ein Karnevalspiel bunter, phantastischer und chaotisch durcheinander wogender Gestalten geträumt hatte, wenn er auch hier in den Formen und Wesen, welchen der kleinste Raum eine Welt ist, worin sie wachsen und kreisen, und denen der Schöpfer ein Größenmaaß gegeben hat, das erst in tausendfacher, optischer Vergrößerung dem menschlichen Auge wahrnehmbar wird — eine strenge, mathematische Ordnung, eine und dieselbe Gesetzmäßigkeit, wie in der großen Schöpfung, eine durchgreifende Planmäßigkeit und namentlich eine wichtige und einflußreiche Bedeutung für die großen Erscheinungen der Natur findet und hier Ursache, Bedingung und Erklärung für viele Gestaltungen,

Lebensäußerungen und Zustände der sichtbaren Welt erkennt! —

Diese Welt des kleinsten Raumes vor den Blicken der Leser aufzuschließen, ihnen die Gestalten, Bewegungen und Gesetze zu zeigen, welche hier leben und herrschen, soll die Aufgabe der nächstfolgenden Briefe sein. —

Es wurde bereits in den einleitenden, vorhergehenden Darstellungen im Allgemeinen darauf hingewiesen, daß die organische Natur nicht nur durch eine complicirtere Zusammensetzung ihrer Massen, sondern auch durch die erste mathematische Gestaltung im kleinsten Raume sich von der anorganischen Natur wesentlich unterscheide und sich dadurch als eine höhere Stufe der Erscheinungswelt charakterisire. Während die unorganische Natur ihre Elementarverbindungen in solchen Zahlenverhältnissen herstellt, daß immer die Zahl 2 darin analytisch wiederholt wird und durch Division aufgeht, indem sich zwei Elemente zu einem Stoffe vereinigen und dieser sich nun wieder mit einem andern, aus zwei Elementen bestehenden Stoffe zu verbinden vermag (binäre Combinationen genannt), gruppiren sich die Elemente in der organischen Natur viel mannichfaltiger zusammen; es treten drei, auch vier zu einem Stoffe in innige Verbindung (ternäre und quaternäre Combinationen) und diese ist nicht nur nicht an einfache Zahlenverhältnisse gebunden, sondern in allen complicirten Verhältnissen, selbst in Bruchtheilen, möglich. Hierdurch wird die eigenthümliche organische Materie dargestellt, welche sich als pflanzliche und thierische unterscheidet und ihren Unterschied auch in ihrer chemischen Zusammensetzung erkennen

läßt, indem die ternären Elementarverbindungen den Pflanzen, die quaternären den Thieren vorzugsweise eigenthümlich sind.

Dieser elementaren Zusammensetzung entspricht auch die größere Mannichfaltigkeit der organischen Form, welche nicht mit geraden, sich durchschneidenden Linien, nicht mit dem Winkel, beginnt, sondern von Anfang an mit der vollkommensten mathematischen Figur, der Kugel, anhebt. Diese erste Form wird dargestellt in der organischen Urzelle. —

Ueberall, wo sich pflanzliche oder thierische Materie aus dem formlosen Zustande zu einer Gestalt gruppirt, wo also eine besondere Kraft sich des ruhenden Materiales bemächtigt und bedient, um dasselbe in eine Planmäßigkeit, in eine lebendige Organisation einzuführen, da entsteht zunächst die Urzelle, welche das erste formelle Resultat der bildenden Kraft in der organischen Natur ist. Die organische Materie, mag sie in ihrer Formlosigkeit als flüssig oder feingekörnt auftreten, sie ist immer nur Produkt eines bereits thätigen oder thätig gewesenen Organismus, der sie durch die ihm inwohnende eigenthümliche Kraft aus den von der unorganischen Natur dargebotenen Stoffen zusammensetzte. Als Resultat dieser organischen Bildungskraft liegt in ihr also schon die Fähigkeit, wiederum in eine organische Form überzugehen, aber sie bedarf dazu der Anregung und des Ergriffenwerdens von der Lebensidee und dem Gestaltungstriebe eines Organismus, wodurch sie zur Urzelle wird, die nun wieder dem Organismus, der sie bildete, unter- und eingeordnet wird, oder in sich die Kraft

und das Vorbild einer eigenen, neuen Organisation trägt, wie das im späteren Verlaufe dieser brieflichen Darstellungen noch verständlicher und sinnlich anschaulicher gemacht werden soll.

Betrachten wir zunächst die Urzelle der organischen Natur ihrer allgemeinen äußeren Form nach, wie sie Fig. 37 darstellt, so sehen wir die Kugel repräsentirt und die Kreislinie als eigentliche organische Bildungslinie vorgezeichnet. Da die Natur alle ihre ersten formellen Schöpfungen immer im kleinsten Raume aufbauet, so gehört auch die Urzelle zu den zartesten Gestaltungen und sie kann, ihrer außerordentlichen Kleinheit wegen, nur durch gute und stark vergrößernde Instrumente sinnlich wahrgenommen werden. Ehe wir aber diese Form, ihre Beziehung zu sich selbst und zur Natur überhaupt, ihre Zustandsveränderungen, Eigenschaften und Gesetze, und die aus ihr hervorgehenden, mathematischen Fortbildungen näher untersuchen, ist es zunächst für das Verständniß wichtig, den Leser über die merkwürdige Kraft aufzuklären, welche die Urzelle bildet, sie lebendig macht und allgemeinen organischen Gesetzen unterwirft, so wie auch den Begriff derjenigen Erscheinung, welche man Organismus nennt, deutlich festzustellen.

Fig. 37.

Die eigenthümliche Kraft, welche in der organischen Natur wirksam und bildend ist, nennt man schlechtweg Lebenskraft, weil sie sich in den Pflanzen und Thieren nur so lange offenbart, als sie sich in demjenigen Zustande befinden, welchen wir nach bekannten Erscheinungen lebendig nennen. — Wir haben früher schon vorübergehend und

im Gegensatze zu den chemischen und physikalischen Kräften, welche die anorganische Natur beherrschen, dieser Lebenskraft Erwähnung gethan und sie als eine geheimnißvolle Gewalt erkannt, welche über die chemischen und physikalischen Kräfte eine Vormundschaft ausübt, sobald sie dieselben in ihr materielles Gebiet zieht, und sie zwingt, Elementarverbindungen und Stoffe zur Bildung und zum Aufbaue von Pflanzen und Thieren zu liefern, als eine Kraft, welche nach einem bestimmten Plane wirkt, gleich einem Baumeister, der nach seinem architektonischen Risse die Materialien bestimmt und sie zu einer beabsichtigten Gestalt ordnet und zusammenfügt. Die Lebenskraft zwingt die chemischen Kräfte, die Elemente in einer Weise zu binden und zum Baumaterial der organischen Natur vorzubereiten, wie es die anorganische Welt gar nicht vermag, es entstehen daraus unzählige, ganz neue Stoffe, die wir nicht, wie die Produkte der chemischen Prozesse, nachzubilden vermögen, wie z. B. Holz, Fleisch, Eiweiß, Fett, Zucker, Leim, Stärke u. s. w. und die nur so lange Das bleiben, was sie sind, als die Lebenskraft in ihnen erlöscht oder so lange sie nicht dieser Kraft entzogen oder freiwillig von ihr abgestoßen werden. So wie in Pflanze oder Thier das Leben aufhört, machen sich die chemischen Kräfte der anorganischen Natur wieder geltend, indem sie, frei von der Vormundschaft, die Produkte der Lebenskraft, die organischen Verbindungen der Elemente, zerstören, die complicirteren Combinationen wieder in anorganische, binäre auflösen und an der ganzen pflanzlichen oder thierischen Organisation nichts als ein Bischen Asche, als die unvergänglichen Atome der unorganischen Natur zu-

rücklassen. Es findet also eine Verwandlung statt, — was die Lebenskraft aus anorganischen Materialien vereinigte und formell aufbaute, kehrt wieder in seinen Ursprung zurück. Man nennt diesen Verwandlungsprozeß im gewöhnlichen Leben: Verwesung — doch hat die Natur auch noch das Feuer zur rascheren Dienerin im Zerstören organischer Verbindungen und Bildungen bei der Hand; was die Verwesung erst allmälig nach Jahren in seine anorganischen Bestandtheile auflöst, vermag die Verbrennung, dieser aller Lebenskraft feindliche Akt des Feuers, in Minuten zu vollenden. — Sind demnach die chemischen Kräfte, wie ein geistreicher Mann sich einmal ausdrückte, die Todtengräber der organischen Natur, so ist die Lebenskraft ein wunderbarer Baumeister, der überall und unermüdlich, wo er nutzbares Material findet, die chemischen Kräfte in seine Dienste zwingt und die Stoffe neu bildet, neu gestaltet, um die Natur mit der bunten, lebendigen Mannichfaltigkeit der Pflanzen und Thiere zu schmücken. — Die Lebenskraft ist ein geheimnißvolles, göttliches Wirken, dessen Produkte wir nur sehen, ohne sein Wesen selbst anschauen zu können; wir sind selbst Schöpfungen dieser Kraft, wir freuen uns ihrer im eigenen Wohlsein und Kraftgefühle, wir fühlen ihren frischen Frühlingshauch, wenn sie die Pflanzenwelt mit neuem Grün schmückt und tausend neue Lebenskeime ausstreut, wir betrachten mit stiller Wehmuth das herbstliche Abfallen der Blätter und fühlen uns selbst schwer und hinfällig, wenn die Lebenskraft in uns ermattet. Hat ein gebildeter Mensch wol mit offnem Sinn und näherer Aufmerksamkeit zugesehen, wie aus dem in die Erde gelegten

Samenkörnchen allmälig, wie aus Nichts hervorgehend, Stamm, Blätter, Blüthen und Früchte wachsen, ohne die Frage an sich selbst jemals gerichtet zu haben, welche geheimnißvolle Kraft hier wunderbar walte, welches unsichtbare Wesen hier die Stoffe bilde und nach einer bestimmten, mathematischen Planmäßigkeit gestalte zu Zwecken des Nutzens, der Weisheit und Schönheit? Die geheimnißvolle Lebenskraft ist es, welche hier thätig ist, welche im Samenkörnchen ihre Bildung anhub und sie in der Frucht, im neuen Samenkörnchen gleicher Art vollendete. In dieser Thätigkeit der Lebenskraft erkennen wir zwei besondere Tendenzen, einmal, daß sie immer, gleich einem denkenden Wesen, nach einem bestimmten Plane bildet, zweitens aber auch, daß sie ihr letztes Ziel in periodischen Umläufen immer wieder in neuer Darstellung des Anfanges erstrebt. Es wird uns dieses bei näherer Betrachtung eines Pflanzenlebens recht vor die Augen geführt. — Das Samenkorn entwickelt sich immer in derselben Mischung und Gestaltung der Elemente, wie die Mutterpflanze, von welcher dies Samenkorn stammt — in ihm liegt also die Idee, das Vorbild der vollendeten Pflanze, der Traum der künftigen Blüthe, die Lebenskraft wirkt bestimmend auf alle zur Bildung der Pflanze dienenden chemischen und physikalischen Kräfte, zwingt sie, sich so zu bethätigen, daß aus ihrem Zusammenwirken eine ganz ähnliche Pflanze hervorgeht, wie diejenige, welche das Samenkorn hervorbrachte — aber das endliche Ziel dieser Bildung ist wieder das neue Samenkorn, welches nun abermals die Idee einer gleichen Pflanze in sich birgt. Man könnte sagen, die Lebenskraft ist ein im Sa-

menkorn schlummernder Traum eines bestimmten Pflanzenbildes, der durch alle Lebensregungen hindurch wirkt, das träumerisch vorschwebende Bild vollendet und dann wieder in einen tieferen Schlaf verfällt, um bei abermaligem Halbwachen dasselbe Bild fortzuträumen. — Ebenso verhält es sich bei den Thieren, mag sich dasselbe durch Selbsttheilung oder Eiersprossung fortpflanzen, immer ruht im getrennten Theile oder Ei die Idee des ganzen Thieres und die Lebenskraft ist thätig, dieses Vorbild zu vollenden.

So viel Pflanzen und Thiere in ihren zahllosen, mannichfaltigen Formen vorhanden sind, so viele besondere Naturideen hat der Schöpfer gedacht und gleichsam in die Erscheinungswelt ausgestreut und die Lebenskraft zur Triebkraft berufen, welche nicht ruht und rastet, alle Materialien und Thätigkeiten der anorganischen Natur ergreift und dienstbar macht, um diese Ideen, diese Vorbilder zu verwirklichen. Und die Lebenskraft ist mit einer großen Familie unsichtbarer Wesen zu vergleichen, deren jedes einzelne im besonderen Dienste einer Naturidee steht, der es unbedingt gehorchen muß, der es nicht ungetreu zu werden vermag, an deren spezifischen Stoff es gebunden ist, wie ein Träumender, welcher von einer und derselben Idee beherrscht und getrieben wird. Dieser dienstbare Geist, der, zum Beispiele, vom Schöpfer berufen ist, das Bild einer Rose zu verwirklichen, er schlummert zeitweise im Samenkorn, er erwacht zu träumerischer Thätigkeit, vom Reize der Sonnenwärme und der Erde geweckt, er muß, vom höheren Geiste gezwungen, alle chemischen und physikalischen Kräfte, alle geeigneten Elemente der Natur überwinden und nutzbar machen

zum Zwecke der Vollendung des Bildes der Rose — er kann nichts anderes träumen und schaffen, er ist unfähig eine Nelke, ein Maienblümchen zu bilden und so, das inwohnende, ihn drängende Leben der Rose in der Erscheinungswelt verwirklichend, bettet er sich wieder in neue, gleichartige Samenkörnchen ein, um nach kurzer Ruhe abermals zu erwachen und sein ihn nie verlassendes Traumbild wiederum zu körperlichem Dasein zu vollenden. —

Eine Pflanze oder ein Thier steht daher dem allgemeinen Naturleben als ein Wesen gegenüber, welches einen in sich abgeschlossenen Lebenskreis, einen Selbstzweck repräsentirt und, zum Nutzen seiner eigenen Existenz und Entwicklung, die äußere Welt, so weit sie den organischen Lebenskreis desselben berührt, diesem Selbstzwecke zu unterwerfen strebt. — Die Pflanze zieht durch ihre Wurzeln und Blätter die Elemente der anorganischen Natur zu sich an, beherrscht ihre chemischen und physikalischen Kräfte und verwandelt die Stoffe in Pflanzenmaterie, mischt und gestaltet sie zu Theilen ihrer selbst, zu Blättern, Blüthen, Säften und Samen. — Das Thier, von der Natur, durch seine complicirtere Stoffmischung, darauf hingewiesen, daß bereits das pflanzliche Leben vorhergehend aus der unorganischen Reihe der Elemente Pflanzenmaterie bereitet habe, wandelt diese wieder in thierische Materie um und formt sie zu Bestandtheilen seines Körpers — jedes Einzelwesen, mag es Pflanze oder Thier heißen, hat also den Trieb der Selbsterhaltung, dem es alle organischen Thätigkeiten dienstbar macht, es sträubt sich und reagirt gegen die zerstörenden Einflüsse der anorganischen Welt, ist im steten Rin-

gen mit den chemischen und physikalischen Kräften begriffen, um sie zu beherrschen, ergreift alles Brauchbare, löst es in seine Elemente auf, mischt diese neu zu organischen, dem besonderen Lebenskreise dienenden Stoffen, assimilirt sie zu Bestandtheilen des eigenen Körpers und bildet, für den Fall endlicher Erschöpfung, neue Lagerstätten des eigenen Lebensvorbildes und dessen Entwicklungskraft in Samenkörnern, Eiern oder besonderen Leibestheilen an, um durch neue Individuen der Idee die Gattung zu erhalten. —

Hiermit haben wir aber das Wesen des Organismus erkannt. Während in der unorganischen Welt die einzelne Gestalt nur aus dem zufälligen Begegnen zweier Elemente hervorgeht, die mit der ersten Verbindung augenblicklich vollendet und keines weiteren Wachsthums fähig ist, als der räumlichen Vergrößerung durch Wiederholung des Krystalles nebeneinander — während diese Verbindungen und Formen, jederzeit unter chemischen und physikalischen Einflüssen, wieder gelöst und neu gebunden werden können und die Elemente nur den allgemeinen Anziehungs- und Abstoßungsgesetzen folgen, tritt in der organischen Welt sogleich das Leben der Einzelwesen (Individuen) auf, es machen sich bestimmte Ideen in abgeschlossenen Lebenskreisen geltend und stellen sich der organischen Natur nicht nur durch ihre eigenthümliche, complicirte Stoffverbindung und ihre höhere mathematische Gestalt, sondern auch durch die Tendenz ihrer inwohnenden Lebenskraft entgegen, welche, zum Selbstzwecke des Einzelwesens, alle äußere Natur mit egoistischer Beharrlichkeit dem besonderen Lebenskreise dienstbar zu machen unermüdlich ist. Der Organismus stellt eine

Welt im Kleinen dar, die auf unterster Lebensstufe, als Urzelle, als ein mit unbewaffneten Augen nicht auffindbares Pünktchen im Universum, doch, diesem gegenüber, einen Selbstzweck hat, der die chemischen Kräfte und anorganischen Elemente diesem Zellenleben dienstbar macht, sie in organische Materie und Form umwandelt. Und das ist gerade die charakteristische Eigenschaft und das spezifische Vermögen der Lebenskraft, daß sie die pflanzliche oder thierische Zelle zu bilden vermag, die, wenn sie einmal geschaffen ist, nun ihr Eigenleben damit beginnt, Stoffe von Außen, als sogenannte Nahrung, in sich aufzunehmen, ihrer eigenen Materie ähnlich zu machen und, indem sie diese dadurch vermehrt, selbst zu wachsen. Diese Thätigkeiten der Nahrungsaufnahme, Assimilation und des Wachsthums finden wir in der ganzen unorganischen Natur nicht, die Krystalle vergrößern sich durch äußere Anlagerung gleichnamiger Elemente unter gleichen chemischen und physikalischen Bedingungen allgemeiner Naturkräfte, die organischen Körper dagegen vergrößern sich von Innen heraus und verändern die aufgenommene Materie sowol chemisch als formell. In diesem Wachsthume unorganischer und organischer Körper zeigt sich aber noch ein großer Unterschied darin, daß erstere sich räumlich und zeitlich bis in's Unendliche vergrößern können, indem sich an den Krystall immer neue, gleiche Theile anlegen, sobald die Bedingungen fortwirken, unter denen der Krystall seinen ersten Ursprung nahm, während ein organisches Wesen, mag es die unterste Stufe der organischen Welt als Urzelle darstellen, oder höher entwickeltes Pflanzen- oder Thierleben sein, immer in Zeit

und Raum von bestimmten Grenzen abhängig ist, über die es nicht hinaus kann. Hat das organische Wesen diese Grenze erreicht, dann hört, selbst unter den günstigsten äußeren Lebensbedingungen, die Fortbildung auf, die Lebenskraft nimmt immer mehr ab, bis sie endlich ganz erlischt und nun den chemischen Kräften wieder völlige Freiheit über die organische Mischung und Form läßt. Wir nennen diese Erscheinung Tod.

Es hat jedes organische Wesen also einen bestimmten Kreis des Lebens, der nun wieder sehr verschieden an Dauer ist. Es giebt Individuen, organische Einzelwesen, welche ihren Entwicklungsgang zwischen Entstehen und Sterben schon in einigen Stunden durchleben, wie z. B. manche Infusionsthierchen und Insecten, anderen hat die Natur ein Dasein von Tagen, Monaten und Jahren, sogar von Hunderten und Tausenden von Jahren vergönnt, wie gewissen Bäumen, und man darf annehmen, daß ein Organismus um so kürzer lebt, ja rascher seine inwohnende Bildungskraft zum Wachsthum und zur Vollendung der Form treibt, abgesehen von den unzähligen Störungen, welche die organischen Wesen erleiden können und den Entwicklungslauf vor dem normalen Ende unterbrechen oder doch, bei geringerer Heftigkeit und längerer, langsamer Einwirkung, die Lebenskraft von ihrer natürlichen Richtung abweichend machen, wodurch dann im ersteren Falle der widernatürliche Tod, im letzteren die Krankheit bedingt wird.

Mit diesen allgemeinen Vorbegriffen treten wir jetzt vor den kleinsten Raum der organischen Natur, um die erste

Lebensform zu verstehen, welche wir nach ihren Eigenschaften einen Organismus nennen können.

Ueberall, wo wir mit dem Mikroskope in die kleinsten Raumgrößen dieser organischen Natur eindringen, treffen wir auf diejenigen mathematischen Figuren, welche sich als Fortbildungen der Kugel darstellen und in unzähligen Malen auf die Kugel selbst. Sie ist das wahrhafte Urphänomen der organischen Natur und aus ihr gehen alle Bildungen hervor, mögen wir sie Pflanzenzelle, Thierzelle, mikroskopisches Pflänzchen oder Thierchen, Blume, Baum, Säugethier oder Mensch bezeichnen. Diese organische Urzelle finden wir entweder einfach, selbstständig, als einen in sich abgeschlossenen Lebenskreis und somit als Individuum auf der untersten Stufe der Einzelwesen, wie ja manche mikroskopische Pflänzchen und Thierchen nichts anderes als ein kleines Zellchen sind, oder wir sehen die Zelle als Theil eines höher organisirten Körpers, als ein aus neben einander liegenden Zellen gebildetes Gewebe — oder endlich als Keimzellchen, indem Pflanzen und Thiere, trotz ihrer complicirteren Bildung, doch wieder das uranfängliche Zellchen, aus dessen Fortbildung sie selbst hervorgegliedert wurden, reproduciren (Samenkorn, Ei), um in ihm das Vorbild und die Entwicklungskraft ganz gleicher Wesen einzubetten.

Wir werden diese verschiedenen Zustände und Modificationen der Zelle in späteren Briefen noch näher betrachten, müssen aber zuerst die organische Urzelle in ihren Lebenseigenschaften kennen lernen, um die complicirteren Erscheinungen

des pflanzlichen und thierischen Lebens danach würdigen und erklären zu können. —

Es war in der Naturwissenschaft ein reformirendes Ereigniß, als zwei Forscher, von denen einer dem Pflanzen- der andere dem Thierleben seine langjährigen Studien gewidmet hatte, beinahe gleichzeitig auf dem strengsten Beobachtungswege zu dem Grundsatze gelangten, daß Pflanzen- und Thierwelt, trotz aller Mannichfaltigkeit ihrer differirenden Formen, aus der Zelle hervorgingen, daß die Zelle, als Grundtypus aller organischen Entwicklung, ihre gesetzmäßige Fortbildung und die sämmtlichen Erscheinungen eines Organismus besitze. —

Unter Zelle versteht man eine *hohle Kugel*, denn alle organischen Zellen verrathen sich bei mikroskopischer Vergrößerung als sphärische Körper, welche aus einer festeren Rinde, *Zellenmembran*, und einem flüssigeren Inhalte bestehen, der nun wieder sehr verschieden sein kann. Diese Urzelle ist in den letzten Jahren das wahrhafte Objekt der Entwicklungsgeschichte geworden, denn an ihr sehen wir die nächste Offenbarung und gesetzliche Thätigkeit der Lebenskraft, wie auch den mathematischen Grundriß aller organischen Formumbildung verwirklicht. Aus der Zelle entstehen Pflanzen und Thiere, aus der zahllosen Wiederholung der Zellen in und neben einander wachsen Gewebe, Organe, in allen wichtigen, lebenden Flüssigkeiten sehen wir die freischwimmenden Zellen, alle Reproduction, jede Ausfüllung einer Wunde bei Pflanzen und Thieren, ist nur möglich durch Zellen-

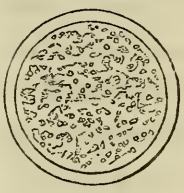


Fig. 38.

bildung, welche den Substanzverlust ersetzt und den Organismus wieder schließt.

Wie aber entsteht eine Zelle? — Diese Frage wirft in ihrer Beantwortung ein interessantes Licht auf die Bildungsgesetze der organischen Natur.

Ueberall da, wo in der Natur Etwas entstehen soll, müssen zwei Potenzen zusammenstoßen, nämlich das Bildsame und das Bildende, der Stoff und die Kraft. Das Bildsame ist in der Materie gegeben, die aus Atomen besteht, welche ursprünglich ihren eigenen chemischen und physikalischen Anziehungen und Verwandtschaften folgen und sich verbindend eine Form darstellen, die wir als Krystall bereits kennen lernten. Sollen sich aber Atome zu fester Gestalt verbinden, so müssen sie sich in einem flüssigen Zustande befinden, wodurch die Bewegungsfähigkeit derselben bedeutend erleichtert wird; dasselbe Gesetz gilt auch in der organischen Natur und es ist deswegen ein allgemeiner wissenschaftlicher Grundsatz, daß alle Formbildung nur allein in einer Flüssigkeit geschehen kann. Die organische formlose Materie besteht nun ebenfalls aus Atomen, welche in einem Fluidum schwimmen. Bemächtigt sich die Lebenskraft dieser Materie, so entsteht eine von der Krystallisation ganz abweichende Atomenbewegung, es bildet sich ein Mittelpunkt der Gerinnung (Zellenkern), und alle Anziehung der entfernteren Atome geschieht immer in Bezug auf den inneren Punkt — es kann aber nach mathematischen Gesetzen ein Aeußeres, das in seiner Bewegung von einem Centrum abhängig ist, sich nur in sphärischer Gestalt bilden, was denn auch in Form der Urzelle geschieht, die, schematisch

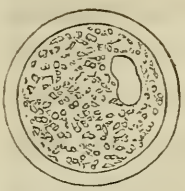


Fig. 39.

betrachtet, wie in Figur 39, aus einem inneren, festern Mittelpunkte (Zellenkern) und einer festen Peripherie (Zellenmembran) besteht.

Man könnte beziehungsweise die Urzelle einen organischen Krystall nennen, der aber noch der weiteren, sphärischen Fortbildung fähig ist, da, wie später versinnlicht wird, die Urzelle in den meisten organischen Körpern als Anfangs- oder Durchgangspunkt dient. —

Als Erfahrungssätze müssen aber folgende für das weitere Verständniß bevorwortet werden: 1. Alle feste, organische, aus dem Flüssigen hervorgehende Grundlage tritt zuerst als Zelle formell auf. 2. Alle organischen Materien, welche, trotz ihres Eingehens in die formelle Bildung, dennoch formlos, d. h. flüssig oder feingekörnt bleiben, setzen eine sie umschließende Zellenmembran voraus, und 3. Alle organischen Stoffe, welche in organischen Flüssigkeiten auflöslich sind, wie z. B. Zucker oder Gummi, werden nur in so fern mit in die feste Form eingewebt, als sie zur stofflichen Bildung der Zellenmembran beitragen. —

Versinnlichen wir uns die Urzelle (mag sie Theil eines organischen Gewebes, oder selbstständiges Wesen sein oder in pflanzlichen und thierischen Flüssigkeiten schwimmen), so unterscheidet das bewaffnete Auge jene drei wesentlichen Theile, welche schon in Figur 39 schematisch gezeichnet sind und Zellenkern, Zellenmembran und Zelleninhalt genannt wurden. — Der Zellenkern stellt sich meist als ein linsenförmiger oder planconvexer Körper dar, welcher durchaus

scharf umgrenzt ist, in allen jungen Zellen immer deutlich zu sehen ist und nur in älteren, oder in mathematischer Fortbildung begriffenen Zellen undeutlich oder bereits ganz wieder aufgelöst worden ist. Eigenthümlich ist es aber, daß dieser Kern, welcher hohl sein muß, da er einen festen Inhalt verräth, welcher meist aus zwei, oft auch aus drei scharf bezeichneten Theilen besteht und durch einen zugelassenen Tropfen Jodtinctur recht deutlich hervorgehoben werden kann, niemals im Centrum des Zellenraumes, sondern immer an einem Punkte der inneren Wandseite gelagert ist, oft eine Größe hat, daß er den inneren Raum ganz ausfüllt, oft nur den fünfhundertsten Theil des Zellendurchmessers erreicht. — Die Zellenmembran, deren doppelte Contouren der Wanddicke man in den meisten Fällen durch das Mikroskop erkennen kann, ist oft von außerordentlicher Zartheit, oft, namentlich bei Pflanzen, von dickerer Wandung, während die Zellenflüssigkeit als eine wässerige, eiweißartige, oft feingekörnte Masse erscheint, die bei den Pflanzen namentlich aus Zucker, Gummi und Schleim, bei den Thieren aus Eiweiß, aufgelöstem Fett und Schleim besteht. — Der Schleim ist also in beiden Arten vorhanden und es ist diese Thatsache dadurch wichtig, daß im Schleime der Stickstoff gegeben ist, welcher das eigentlich Unlösliche und Feste im Zelleninhalte darstellt, woraus die Bildung des Membranstoffes geschieht und der in jeder organischen Materie gegenwärtig sein muß, welche zur Zellenbildung fähig ist. —

Diese Urzelle ist aber nun auch der Fortbildung zu denjenigen mathematischen Gestaltungen fähig, welche aus der Hohlkugel und ihrem festen Kerne hergeleitet werden können.

Dieses Hinausgehen der Form über die sphärische Peripherie ist indessen bei den Pflanzen nicht sehr weitgreifend, indem die ganze Pflanze doch mehr als Inbegriff einer mannichfaltigen *Wiederholung* von Zellen Bedeutung hat, während im thierischen Organismus die Zelle größtentheils in die *lineare* Fortbildung zu Geweben aufgeht und sich dazu auch schon früh vorbereitend verändern muß. Je mannichfaltiger aber die Zellenform in fortgebildete Gestaltungen übergeht, um so mannichfaltiger werden auch die Erscheinungsformen des Lebens und schon diese mathematische Complication wirft ein erklärendes Licht auf die höhere Bedeutung des thierischen Lebens. So lange eine Zelle nichts anderes als Zelle, Hohlkugel, bleibt, ist ihr Leben immer nur Selbstzweck, sie scheidet sich von Außen durch ihre Peripherie ab und bezieht alle Thätigkeit nur auf ihr Inneres, auf sich selbst. Es ist deshalb das Leben der Pflanze eigentlich nur die Summe unzähliger Zellen-Lebenskreise neben einander, während die Zelle im Thiere immer dem Zwecke des Gesammtorganismus dient, deshalb seine peripherische Abgrenzung aufgiebt, indem Zellenreihen mit einander zu Röhren verschmelzen und Zellenkerne zu Fasern sich aneinander legen.

Kehren wir nach diesen, den Blick vorläufig erweiternden Nebenbemerkungen zu unserer aufgestellten Frage zurück: „*Wie entsteht eine Zelle?*“ —

In Pflanzen und Thieren ist die Bildungsstätte, so zu sagen die organische Mutterlauge (ein Ausdruck, der von der Flüssigkeit der anorganischen Natur entnommen ist, in welcher sich Krystalle bilden), immer in jenem *Urschleim*,

Eistoffe, gegeben, welchen man Blastema genannt hat. Bei **Pflanzen** bemerkt man in diesem Urschleim (den meine etwa nacherperimentirenden Leser am Besten von den Pflanzen mit Schmetterlingsblüthen, auch von der Herbstzeitlose, der Flachslilie ꝛc. nehmen) zuerst kleine Körper, welche sich immer mehr zu einem Häufchen vereinigen, von denen je zwei oder drei den linsenförmigen, planconvexen Körper bilden, welchen man Zellenkern nennt. Sie enthalten Stickstoff (Schleim), was man erkennen kann, indem concentrirte Salpetersäure sie goldgelb färbt. — Sobald dieser Kern farbig ist, bemerkt man um den Kern herum einen feinkörnigen, schleimigen Niederschlag, welcher sich bald zu einer zarten, membranösen Hülle gestaltet, die anfangs den Kern zwar umschließt, sich aber allmälig an einer Seite blasenförmig erhebt, mit einem flüssigen Inhalte füllt, sich immer weiter ausdehnt, wodurch der Kern aus seiner Mitte herausgedrängt wird, während die Hüllenmembran an Masse, Flüssigkeit und Dicke zunimmt. Da aber die Ausdehnung nicht immer gleichmäßig nach allen Dimensionen hin geschieht, so bleibt die sphärische Form nicht rein, die Contouren werden unregelmäßig. — Der Zellenkern bleibt unterdessen nicht passiv; so wie durch Vollendung der Zellenmembran ein Gegensatz zwischen Centrum und Peripherie gegeben ist, beginnt in den meisten Fällen eine Fortbildung des Kerns, die der Membranvollendung bis zu einem gewissen Grade entspricht; er vergrößert sich mit deutlicher werdendem Rande und schärfer werdenden Contouren, während sein Körnerinhalt sich schärfer scheidet und seine Hohlheit wahrnehmbarer macht. Vergl. Figur 40a. Damit ist dann

die Pflanzenzelle fertig. Oft aber gerinnt auf der freiliegenden Fläche des an einem Punkte der inneren Wandung liegenden Kerns ein neuer membranöser Niederschlag, der sich wie eine Duplicatur der Membran verhält, worin der Kern eingeschlossen liegt. Eine solche Zelle hat dann eine Gestalt, wie Figur 40b darstellt.

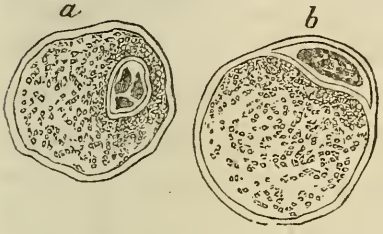


Fig. 40.

In der fertigen Zelle geht dann mit dem Kerne meist keine weitere Veränderung vor, doch wird er nicht selten mit der Zeit aufgelöst, da man ihn immer kleiner werden, in eine körnige Masse verwandelt werden und oft gänzlich verschwinden sieht.

Da in der Natur das Gesetz gültig ist, daß jede formelle Veränderung der Körper immer gleichzeitig mit einer qualitativen, chemischen Veränderung der Masse verbunden ist, so gehen auch solche chemische Umänderungen in den Stoffen der Zelle während ihrer Entwicklung vor sich. Junge Zellen lassen sich sehr leicht und oft augenblicklich in Wasser auflösen, ihre Membran scheint noch aus Gallerte, also aus einer chemischen Verbindung von Kohlen- Wasser- und Sauerstoff (in den Pflanzen bald als Pectin, Pectinsäure, Bassorin ꝛc. auftretend) zu bestehen, während alte Zellen in allen Flüssigkeiten unlöslich sind, ihr Membranstoff also eine eigenthümliche, chemische Atomenveränderung erlitten haben muß, was schon, wie früher in diesen Briefen erklärt wurde, durch eine neue Zahlencombination derselben

Elemente erreicht werden kann, die denn auch in diesem spezifischen, organischen Membranstoffe annäherungsweise sich so verhält, daß von Kohlenstoff 12, Wasserstoff 20 und Sauerstoff 9 Elemente verbunden sind, während der Zellenkern aus Stickstoff besteht. — Die einfachsten Pflanzen repräsentiren nur eine einzige Zelle und diese stellt sich als ein vollkommen seine Lebensbedingungen erfüllender Organismus hin, wie wir in der Pflanze Protococcus sehen, ein, auf feuchter Erde, an Bäumen, Holz und Mauern wachsendes grün gefülltes Zellchen, das auch in einer Art als Protococcus nivalis mit rothem Inhalte, auf hohen Alpen, im ewigen Schnee der Polarländer vegetirt und als letzte Spur der Pflanzenwelt den sogenannten rothen Schnee verursacht. — Dieses Pflänzchen beweist, daß wir den Begriff des Organismus zunächst und unmittelbar in der Urzelle verkörpert sehen. Die meisten Pflanzen bestehen wesentlich nur aus einer Zusammensetzung vieler solchen Zellen, also aus einem Conglomerat gleichförmiger Zellenorganismen. Den Zellenentwicklungsprozeß hat die Natur dem bewaffneten Auge recht deutlich in derjenigen Erscheinung vorgeführt, welche man die geistige Gährung zu nennen pflegt, und die wir hier, vorbehältlich einer späteren Beschreibung und Zeichnung, doch vorübergehend betrachten müssen. In allen zur geistigen Gährung fähigen Flüssigkeiten ist eine Materie gegenwärtig, in welcher Zucker, Gummi und Stickstoff vorhanden sind, also ganz dieselben Bestandtheile, welche sich in der pflanzlichen oder thierischen Materie, in der Urzellen entstehen, gefunden werden. Nun ist es eine Naturbedingung, daß zu jeder chemischen Erregung

stickstoffhaltiger Materie ein gewisser Wärmegrad mitwirkt, der, sobald er vorhanden, die chemische und damit formelle Umlagerung der Elemente anregt und auch in dieser gährungsfähigen Flüssigkeit, ähnlich dem Prozesse im Pflanzen- und Thierstoffe, eine Zellenbildung vermittelt, die wir ihrer summarischen, äußern Erscheinung nach Gährung nennen. — Diese Zellen, welche durch ihre unzählige Menge die Quantität der gährenden Flüssigkeit vermehren, sind nichts anderes, als Pflanzen auf unterster Stufe der Organisation, Urzellen, welche man Gährungspilze genannt hat und die, eben nur als Zellen, ein vollkommen organisches Leben führen, indem sie sich nähren, Stoffe aufnehmen, assimiliren und zum eigenen Wachsthum verwenden, sich fortpflanzen und, nach Erzeugung neuer Generationen, absterben. An dieser Thatsache, welche Jeder mit eigenen Augen betrachten kann, wenn er nur einen Tropfen gährender Flüssigkeit unter ein gutes Mikroskop bringt, erkennt man recht augenscheinlich, daß die Urzelle, mag sie auch so klein sein, daß sie kaum den fünfhundertsten Theil einer Pariser Linie mißt, doch ein vollständiger Organismus ist, der seinen Selbstzweck und seinen besonderen Lebenskreis hat.

Alle complicirtere Pflanzen- und Thierorganismen finden aber in der fertigen Zelle ihr Bildungsziel nicht, sondern die Zelle muß sich, nach den mathematischen Gesetzen der Körperbildung aus dem Typus der Hohlkugel, weiter entwickeln, was namentlich im thierischen Organismus der Fall ist, während in der Pflanze vorherrschend nur eine Multiplication nebeneinanderliegender Zellen repräsentirt wird. Sobald eine Zelle kein äußeres Hinderniß seiner

räumlichen Entwicklung und Ausdehnung findet, wie es zum Beispiele der Fall bei frei in Flüssigkeiten schwimmenden Zellen ist, dann erreichen sie, bei einer allseitig gleichmäßigen Ernährung, ihre normale Gestalt als kugelige oder elliptische Körper. — Diese finden wir aber im Allgemeinen nur sehr selten, da einestheils die Ernährung nicht allseitig gleich ist, anderntheils aber, bei dem gedrängten Nebeneinanderliegen der Zellen, dieselben gegenseitig einen mechanischen Druck auf einander ausüben, der, je regelmäßiger die Zellenlagerung erscheint, wo eine Zelle von sechs andern umgeben ist, die bei zunehmender Ausdehnung sich drängen und räumlich beschränken, die ursprünglich runde Zelle zu einer zwölfseitig abgeflächten Form umgestaltet. Daher kommt es denn auch, daß die Pflanzen größtentheils Zellen enthalten, welche der mathematischen Figur des Dodekaëder, des Zwölfflächner, entsprechen und im Durchschnitt als Sechseck erscheinen. Man kann sich dieses weniger durch eine Zeichnung auf ebener Fläche, als durch ein ganz einfaches Experiment versinnlichen, indem man mit einem irdenen Pfeifenrohr in Seifenwasser bläst, wo anfangs runde Blasen auftreiben, die sich aber bei zunehmender, raumbeschränkender Menge gegenseitig drücken und die runde Form zu einer vieleckigen machen, oder indem man weiche Thonkügelchen regelmäßig über- und nebeneinander ordnet und gelinde drückt, wodurch die mittelsten sich ganz wie Pflanzenzellen, nämlich in der Gestalt von Dodekaëdern darstellen. — In nachstehender Figur 41 sieht man a runde Zellen, b zusammengedrückte, unregelmäßig eckige und c regelmäßige dodekaëdrische Pflanzenzellen, wie wir sie in allem

Marke der Pflanzen, in Pflanzenknollen, wie Kartoffeln, Früchten, Schwämmen, in den fleischigen Geweben der Blätter ꝛc. antreffen.

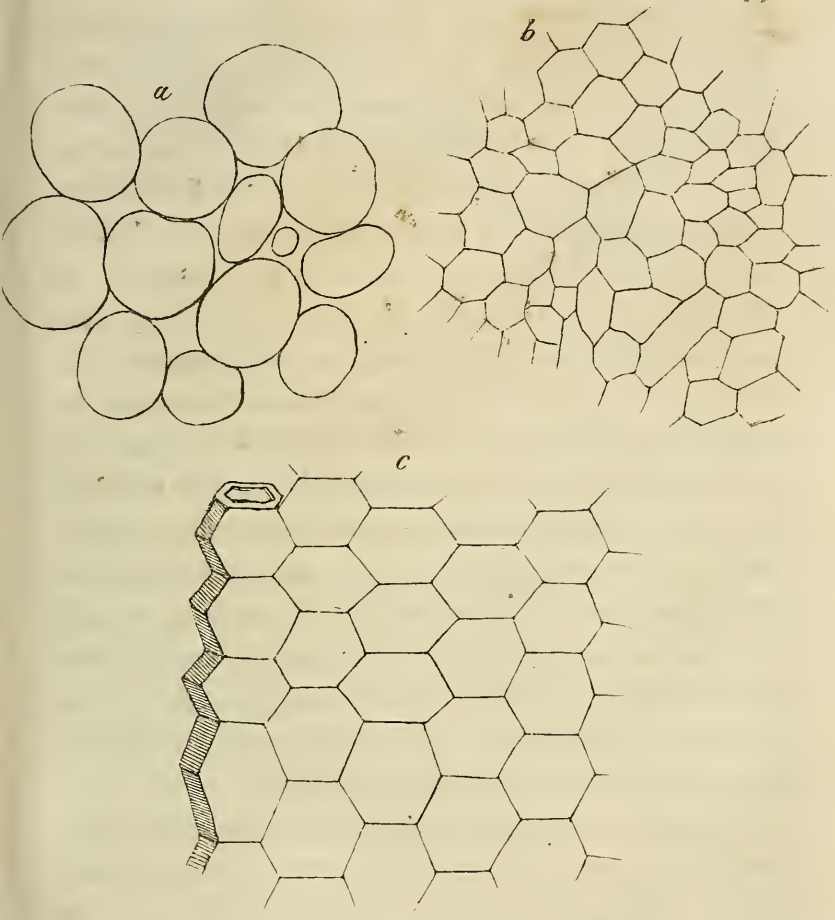


Fig. 41.

Außer diesem mechanischen Drucke hat aber noch die ungleichmäßige Ernährung der Zellen einen bedeutenden Antheil an der unregelmäßigen Form, in welcher wir ausge-

bildete, ältere Zellen antreffen. Es können die Zellen überhaupt nur an denjenigen Punkten ihrer Peripherie Nahrung finden, wo sie andere Zellen und überhaupt Bildungsflüssigkeit berühren und diejenigen Zellen, welche an der Oberfläche liegen und die äußerste Grenze organischer Körper bilden, finden an der äußeren Seite keinen Nahrungsstoff, während noch dazu ein Theil ihres flüssigen Inhaltes hier verdunstet. Hier muß jedenfalls die Ernährung und damit die Formentwicklung ihre Hemmung finden, die Zellen platten sich ab und wir treffen deshalb solche Zellen in der Epidermis, der feinen Oberhaut der Pflanzen und Thiere, in letzteren auch auf den Oberflächen der Schleimhäute, als sogenannte Epitheliumzellen, an. — Eine andere Bildungshemmung und daraus entstehende Form-Unregelmäßigkeit wird auch noch an denjenigen Zellen bemerkt, welche so gelagert sind, daß sie nur, ohne räumlich aneinander gedrängt zu werden, mit einigen peripherischen Punkten andere Zellen berühren; diese Berührungspunkte werden vorzugsweise ernährt, während die Wandungen dazwischen im Wachsthume zurückbleiben; diese vorzugsweise ernährten Stellen wachsen dann als Fortsätze oder Strahlen hervor und es entstehen z. B. Pflanzenzellen in Formen, wie Figur 42 versinnlicht.

Aus diesen einseitigen Ernährungsweisen wird es nun verständlich, warum wir, statt überall runder oder zwölfflächiger Zellen, auch so viele teller- und tafelförmige, planconvexe, cylindrische, elliptische, prismatische, strahlen- und fadenförmige in den pflanzlichen Geweben finden. Es können sich auch auf innerer oder äußerer Wand selbst Wärzchen und haarförmige Fortsetzungen bilden, es vermag eine an

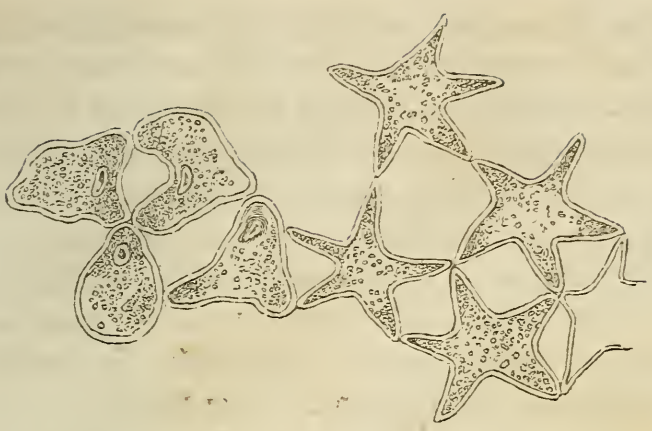


Fig. 42.

Nahrungsstoff Ueberfluß habende Zelle, wenn sie den Culminationspunkt ihrer räumlichen Ausdehnung und ihres Wachsthums erreicht hat, ihre fernere Ernährungsthätigkeit zur Niederschlagung eines festen Stoffes in ihrem Inneren zu verwenden, wodurch die Zelle allmälig ausgefüllt wird, oder diese feste Masse setzt sich in Spirallinien an der inneren Wandung an und bildet die Spiralfaser der Pflanzen. In den meisten Pflanzenzellen besteht der Zelleninhalt aus Wasser, in welchem Zucker, Gummi, Schleim, Eiweiß, Salze, Säuern u. s. w. aufgelöst sind; es finden sich hier aus der im Inneren der Zelle zeitweise ruhenden Flüssigkeit, nach chemischen Gesetzen auch wol Krystalle niedergeschlagen, häufiger aber feine rundliche Körperchen, von denen eine Art von weißer Farbe sich als Stärke verräth, da sie von Jodtinctur violett gefärbt wird, was ein charakteristisches Kennzeichen für alle Stärke ist, während eine andere Art des körnigen Zelleninhaltes eine grüne Farbe hat, dem Pflanzenblatte die grüne Färbung giebt und deshalb auch Blatt-

grün, Chlorophyll, genannt ist. Die mannichfaltige Farbenpracht der Blumen deutet aber schon auf anders gefärbte Stoffe im Zelleninhalte hin und man findet auch die Zellen der Blumenblätter mit allen Farbetönen von Roth bis Violett gefärbt; alle Zeichnungen der Blätter, wie z. B. rothe Linien auf weißem Grunde, werden durch Zellenreihen gebildet, welche mit zarten, rothen Farbetröpfchen gefüllt sind. — Außer diesen Stoffen enthalten manche Zellen auch ölige, flüchtige Materien, oft auch nur, besonders alte, ihrem Absterben nahe Zellen, Luftbläschen. —

Die Entstehung der Urzelle, wie wir sie zunächst in der Pflanzennatur näher betrachtet haben, verhält sich bei den **Thieren** im Allgemeinen ebenso; auch hier entsteht der Zellenkern, um ihn herum die Zellenmembran mit dem Zelleninhalte. Nur sind hier, der höheren Form des Lebenskreises entsprechend, auch mannichfaltigere Fortbildungen der Urform vorhanden und die thierische Zelle ist im Allgemeinen noch bedeutend kleiner, als die pflanzliche, und erfordert weit größere optische Vergrößerungen, um deutlich vor die Sinne geführt zu werden. Dieselben Einflüsse, welche bei den Pflanzenzellen Unregelmäßigkeit und damit Mannichfaltigkeit der Formen veranlassen, sind auch in der thierischen Zellenbildung wirkend, dieselben Formen laufen in beiden organischen Naturreichen parallel, die Markzellen der Pflanzen finden ihre Analogie in den Knorpel- Oberhaut- und manchen anderen Gewebe-Zellen, die circulären Fasern in den aus Zellenreihen hervorgebildeten thierischen Pulsadern sind den Spiralfasern der Pflanzenzellen verwandt, und so läßt

sich die Analogie bis in das anatomische Detail weiter verfolgen.

Da die Urzelle das gemeinsame Urphänomen der beiden organischen Naturreiche ist, so haben wir uns mit dieser, dem kleinsten Raume angehörigen Erscheinung noch vertrauter zu machen, um an ihr die Lebensmannichfaltigkeit der gesammten organischen Welt in ihren Grundzügen kennen zu lernen.

Die einmal gebildete Zelle kann, dem Zwecke des Organismus folgend, demselben in zwei Richtungen dienen, indem sie einmal ihren Selbstzweck völlig aufgiebt, sich mit anderen Zellen gemeinschaftlich zu complicirteren Geweben fortbildet, also nur Factor einer übergreifenden, höheren organischen Bildung ist, oder indem sie zweitens auf ihrer Urform als Zelle beharrt, ihr Zellenleben fortsetzt und dadurch der Monarchie des Organismus, welcher ihr Stoff und Dasein gab, durch ihren individuellen Antheil am Ganzen nützt. Beide Richtungen des Zellenlebens haben wir näher zu betrachten, denn sie sind nicht nur in einem und demselben Organismus gleichzeitig vertreten, sondern es giebt auch organische Wesen, wie z. B. Pflanzen, die nichts anderes, als der Gesammtausdruck unzähliger, nebeneinander liegender, permanenter d. h. in ihrer Urform beharrender Zellen sind.

Sobald viele nebeneinander gelagerte Zellen ein Ganzes bilden, dann stellen sie ein sogenanntes zelliges Gewebe dar. So besteht das Gewebe der Pflanzen aus nebeneinander gelagerten, permanenten Zellen, die sich entweder sämmtlich berühren, oder deren Verührungsweise mannichfaltig

modificirt erscheint. Bei recht saftigen Pflanzen herrscht namentlich eine Berührung runder oder elliptischer Zellen vor, wie Figur 41 solche darstellt, in den meisten unteren Blätterflächen findet man Zellen, die sich mit den hervorragendsten Enden ihrer sehr unregelmäßigen Contouren berühren und dem Gewebe dadurch ein schwammiges Ansehen geben; im Pflanzenmarke sehen wir die vollkommenste und regelmäßigste Zellenberührung und, in Folge dieses gleichförmigen Druckes, eine polyedrische Zeichnung. Wächst eine Pflanze sehr rasch in die Länge, dann folgen auch die Zellen dieser langgestreckten Form, wie z. B. an Stengeln von Blumen, im Flachs, Hanf ꝛc., wo sie Baſtzellen, — und im Stamme, wie in den Zweigen der Bäume, wo sie Holzzellen genannt werden und die auf der Querschnittfläche dann sechseckig erscheinen. — Solche langgestreckte Zellen stellt nebenstehende Figur 43 dar.

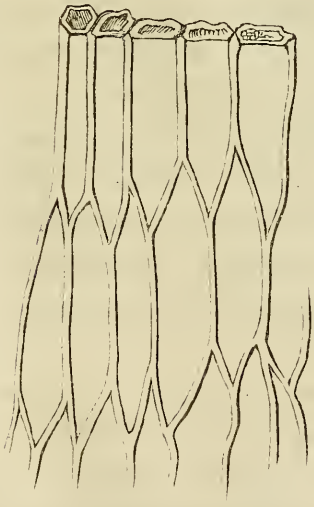


Fig. 43.

Wächst aber eine Pflanze vorherrschend in die Fläche, dann nehmen auch die Zelken eine tafelförmige, viereckige Gestalt an, wie wir sie z. B. in Rinden, Kork- und Borkenbildungen antreffen. — Jede unvollständige Zellenberührung läßt Lücken zwischen sich, welche man bei den Pflanzen als Intercellulargänge bezeichnet, die verschiedene Formen annehmen und mannichfal-

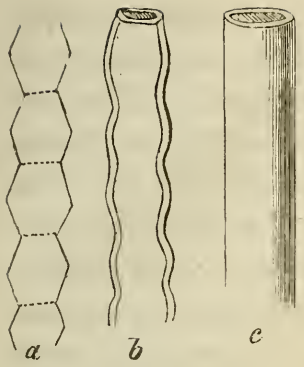


Fig. 44

tigen Zwecken des pflanzlichen Lebens dienen können und zur Weiterführung von Luft, Milchsaft, Harz oder Gummi nützen. Denken wir uns aber eine Reihe Zellen senkrecht über einander, wie in Figur 44 a, deren Wände, wo sie sich berühren, aufgelöst, resorbirt werden, während die Ränder der entstandenen Oeffnung mit einander verwachsen, dann entsteht eine cylindrische Röhre, welche man Gefäß nennt, b c. Solche nebeneinanderliegende Zellenreihen finden wir oft bündelartig zusammenliegend als feine, dem zartesten Spinngewebefaden gleichende Röhrchen, deren Durchschnittsfläche meist sechseckig, oft auch rund erscheint, und je nachdem die Urzellen, woraus sie entstanden, mit Wärzchen, Poren, ring- oder spiralförmigen Ablagerungen in ihren Wandungen versehen waren, zeigen auch sie gleiche Formen in ihren Röhrenwänden. Sie führen größtentheils Luft, die sie von der Atmosphäre entnehmen und den Gewebszellen zuleiten, um ihren Athmungsprozeß möglich zu machen. — Um solche Gefäßchen einer Pflanze mit bloßen Augen zu sehen, braucht man nur einen Blattstengel langsam zerreißend auseinander zu ziehen, wo dann die feinen, glänzenden Fädchen bis zur Grenze ihrer Ausdehnungsfähigkeit noch zusammenhalten. — Wenn fertige Zellen nicht mehr wachsen, aber immer neue sich zwischen sie drängen, und sich eine feste Masse in ihnen ablagert, dann bilden sie das Holz. — Die früher

genannten Intercellulargänge, jene Zwischenräume der Gewebezellen, durch welche namentlich die Luft in das Innere der Pflanzen gelangt, haben noch die Eigenthümlichkeit, daß sie an der Oberfläche der Pflanze, namentlich der Blätter, als der eigentlichen Athemorgane, mit Spalten sich öffnen, welche man danach auch Spaltöffnungen zu nennen pflegt. Wo ein solcher Zwischenzellengang unter die Oberhaut eines Blattes tritt, die gleichfalls aus Zellen und zwar tafelförmigen gewebt ist, da legen sich zwei halbmondförmige Zellen wie Lippen an die Mündung und man findet sie so zahlreich, daß auf dem Raum einer Quadratlinie oft tausend gezählt werden können. Figur 45 stellt den senkrechten Durchschnitt einer Blattoberfläche dar, also im Profil.

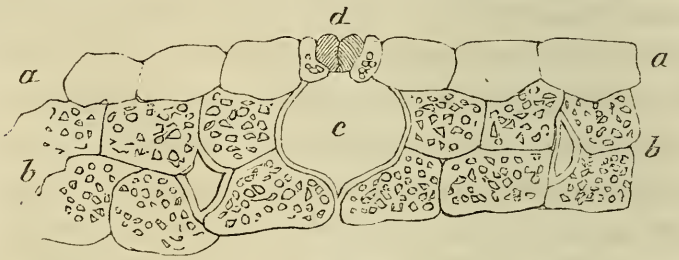


Fig. 45.

a ist die Oberhaut mit ihren tafelförmigen, meist viereckig erscheinenden Zellen, b ist das Blattgewebe mit seinen, von Chlorophyll (Blattgrün) gefüllten Zellen, c ist das Ende eines Intercellularganges (Zwischenraums der Zellenlagerung) und d die Spaltöffnung mit den beiden lippenartigen Zellchen an der Mündung. —

Im thierischen Organismus finden wir solche Gewebe permanenter, nebeneinanderliegender Zellen nicht so hervorstechend, wie im Pflanzenreiche, hier gehen complicirtere Um-

bildungen der Form vor, die wir später ebenfalls zu betrachten haben werden, und wir finden im Thiere nur solche Gewebe in der Zellenformation an die pflanzliche Structur erinnernd, welche eine untergeordnete Lebensbedeutung haben, wie die Oberhäute der äußeren und der Schleimhautflächen, die Knorpel, die Scelettform mancher unterer Thiere, z. B. der Krebse. —

Es wurde vorhin von mir der Ausdruck gebraucht: „die in die Zellenzwischenräume dringende Luft diene zum Athmen der Zellen." Wie? werden meine Leser fragen, führen denn diese kleinen Zellchen, von denen Millionen dazu gehören, um einen Zoll Fläche eines Pflanzengewebes zu bilden, ein Leben wie größere, sichtbare Organismen? Athmen sie, haben sie vielleicht gar Bewegung, Circulation und Absonderung? — Ich antworte Ja! — Schon daß sie sich selbst ernähren, daß sie wachsen und in ihrem Inneren neue Stoffe bilden, wie Blattgrün, Stärke, Farbstoffe — setzt voraus, daß sie auch athmen müssen, das heißt, der chemischen Einwirkung der Luftbestandtheile bedürfen. Sei es nunmehr meine nächste Aufgabe, dieses mikroskopische Leben der Urzelle als einen selbstthätigen Organismus darzustellen. Wenn es zu beweisen ist, daß jede organische Urzelle, kaum unterscheidbar von dem Infusionsthierchen Monas lens, das als Individuum selbstständig im Wassertropfen umherwirbelt, eine in sich abgeschlossene Organisation darstellt, die ihre Außenwelt, ihr inneres Centrum und ihre Peripherie, ihre Perception (Erfühlung von Reizen), ihre Reaction, Assimilation und Excretion hat, dann haben wir in der Zelle ein Einzelwesen vor uns, welches entweder als sol-

ches seine ganze Lebensdauer hindurch sich behauptet, oder in einer höheren, übergreifenden Organisation relativ als Factor aufgeht. — Mit der Weiterentwicklung der Zelle hört auch ihr Selbstzweck auf, sie wird *Mittel*, immer aber auch die letzten Nachklänge ihres Urlebens und anfänglichen Selbstzweckes auch im späteren Eingeordnetsein in eine höhere Bildungsform verrathend. In der Pflanze behält sie, bis auf geringe Ausnahmen, ihre ursprüngliche Bedeutung, die ganze Pflanze ist nur Multiplication von Zellen, deren jede ihr eigenes Leben in Harmonie mit den anderen und dem Ganzen führt, deshalb bringt es auch die Pflanze zu keiner centralen *Innerlichkeit*, zu keinem Nervensysteme, wie dasselbe im thierischen Organismus ein höheres Centralleben repräsentirt, welches alle Theile, die zum Ganzen dienen, beherrscht.

Da aber jede Urzelle als Einzelwesen auch ihr Eigenleben hat, so muß sie auch den Grund ihrer Lebensäußerungen in sich selbst haben und dieser offenbart sich auch in drei Urphänomenen, nämlich in *Selbstgefühl* (Lebensinnerung), in *Selbstbewegung* und *Selbsterhaltung* (Lebensäußerung). Nicht mit Unrecht dürfen wir deshalb behaupten, daß die gegenwärtigen mikroskopischen Erfahrungen auf eine *neue Monadenlehre* geführt haben, jede einzelne Zelle ist in ihrer erstaunlichen Kleinheit ein *Abbild* der ganzen, organischen Natur und dieses um so entschiedener, je mehr sie als Urzelle (Protorganismus) beharrt und lebt. Jede Zelle ist gewissermaßen ein Ei — nicht des ganzen, künftigen Organismus (wie jene *spezifischen* Zellen, welche im Eierstocke der Thiere oder im Keimlager der

Pflanzen wachsen) sondern eines organischen Theiles, dem sie räumlich angehört, denn sie ist auf Reproduction desselben gerichtet. Und es ist keine Phantasie mehr, wenn einst von geistreichem Munde gesagt wurde: „der Organismus ist ein lebendiges Kunstwerk, ein System selbstständiger Individualitäten.“ — Die wahre Begriffsbestimmung des Lebens liegt in dem „Sich selbst unterscheiden,“ da sich dasjenige Leben am Reichsten entfaltet, welches, wie der menschliche Organismus, die meisten Selbstbestimmungen in sich unterscheidet; was sich nicht sondert und zugleich zusammenschließt, das lebt auch nicht. Die Krystalle können dies nicht, deshalb sind sie, trotz der Extension ihrer Unterschiede, welche nur von Außen kommen, keine Organismen, sie leben nicht, es bleibt in ihnen das Besondere nicht durch ein übergreifendes Centrum verknüpft und durchschlossen.“ —

Die Zelle hat in sich ein Urgesetz, welches im pflanzlichen und thierischen Leben gültig ist — das Gesetz der Vegetation. — Durch eine inwohnende, gestaltende Kraft muß die Zelle sich fortbilden, wenn sie nicht vor ihrer Vollendung absterben und einer anderen Zelle Platz machen soll. Diese Fortbildung steht aber bei den Gewebszellen unter der Leitung eines höheren Organismus und geht in die plastische Richtung des Ganzen ein. Man hat diese Kraft nicht physikalisch, nicht chemisch allein nennen dürfen, man bezeichnet sie als plastische Lebenskraft der Zelle, man nannte sie, nicht ohne Glück, eine metabolische, eine die chemisch-physikalischen Stoffprozesse im organischen Sinne umwandelnde Kraft. Diese ist einmal eine plastische, denn sie treibt zur Gestaltung der Zelle, sie bildet Kern und Membran, sie

ist aber zweitens auch metabolisch, denn sie wandelt die Stoffe in Bestandtheile der Zelle selbst um. —

Zur Zellenbildung ist aber noch eine unumgängliche Bedingung zu erfüllen, nämlich eine entsprechende Temperatur, ein gewisser Wärmegrad. Die Erfahrung hat gelehrt, daß unter 0 Grad Réaumur und über 80 Grad niemals ein Zellenbildungsprozeß in der organischen Materie stattfindet, daß vielmehr immer eine zwischen 10 — 32 Graden variirende Wärmetemperatur vorhanden sein muß. Dabei ist auch nothwendig, daß Sauerstoff oder Kohlensäure, entweder gasförmig, oder an Materie locker gebunden, zugegen ist, indem bei der Zellenbildung diese Luftarten mitwirken, da Sauerstoff dabei verschwindet und Kohlensäure gebildet wird, wie bei thierischem Zellenleben, oder umgekehrt Kohlensäure in die Bildung mit eingeht und verschwindet, während Sauerstoff frei wird, wie bei Pflanzenzellen. — Leben erscheint daher immer als eine Wechselwirkung zwischen Form und organischen Elementen, es ist ein *fortgehender* Prozeß, in welchem die Form sich mit der chemischen Stoffcombination verwandelt, wo eine Form in die andere übergeht und abgelebte Formen durch immer neue ersetzt werden. Selbstentwicklung und Selbstzerstörung sind die beiden gleichlaufenden Tendenzen im organischen Kreislaufe und das Zellenleben ist das eigentlich *wandelnde*, das stets neu auftauchende und wieder untergehende, während der Organismus im Großen dabei ganz ruhig und beharrend erscheint, vergleichbar dem ruhigen Regenbogen, der doch seine Existenz nur dadurch hat, daß in jedem Augenblicke unzählige neue

Wassertröpfchen in die Brechungslinien des Lichtstrahls einfallen, um die austretenden sofort zu ersetzen.

Es könnte dem Uneingeweihten auffällig klingen, wenn ich behaupte, daß pflanzliche und thierische Urzellen ganz gleiche Lebensäußerungen und Selbstgefühl haben. — Wie kann man, wird der Zweifler fragen, der Pflanzenzelle diejenige Empfindung zuschreiben, welche man bei Thieren gewahrt? Wollte man allerdings dieses Selbstgefühl sich in der Art vorstellen, wie wir bei den uns sichtbar umgebenden Thieren erkennen, welche Schmerz empfinden und unterscheiden, so würde man den Pflanzen eine gleiche Fähigkeit gänzlich absprechen müssen, aber das Zellenleben ist immer nur ein allgemeines und die Grundphänomene des Lebens können in ihm auch nur in allgemeinen Erscheinungen ausgedrückt sein. Uebrigens ist auch der Pflanze weit mehr Selbstgefühl beizumessen, als ihr gewöhnlich von unserer, von uns selbst entnommener Vorstellung gegönnt wird und wenn man das bewußte Selbstgefühl (Sensatio) nicht mit dem Sichselbstfühlen, der Erfühlung (Perceptio) verwechselt, dann müssen wir auch der Pflanze, als Inbegriff unzähliger Zellen-Lebenskreise, diese Erfühlung erfahrungsmäßig zugestehen. Auch ohne Nerven ist Empfindung möglich, auch ohne Bewußtsein — letzteres sehen wir ja an uns selbst, denn ein schlafender Mensch bewegt sich, wenn er gekitzelt wird, er verändert seine Lage, wenn ein Körpertheil Druck empfindet, ohne daß der Mensch irgend davon weiß oder die Bewegung, die Reaction gegen den Reiz, willkürlich macht. Erscheinungen der Empfindung sind bei einigen Pflanzen äußerst deutlich und können hier

doch nur von dem Zellenleben ausgehen, denn die sogenannte Reizbarkeit der Pflanzen hat nur ihren Grund in dem Vermögen des Selbstgefühls. Dieser meiner Behauptung, welche ich schon vor einer Reihe von Jahren in wissenschaftlichen Kreisen zu beweisen suchte, redet auch A. von Humboldt das Wort, indem er sagt: „Ob wir gleich bis jetzt in den Gewächsen keine Nerven entdeckt haben, und unsere Begriffe von Empfindlichkeit blos von der Natur der Nerven entlehnen, so können wir doch den Streit über die Empfindlichkeit der Pflanze nicht beilegen." —

Daß es Gefühl ohne Bewußtsein in sehr ausgedehntem Grade giebt, haben die neueren Entdeckungen im Nervenleben bewiesen; in unserer Ernährungswerkstatt zum Beispiele gehen allaugenblicklich Reactionsbewegungen auf erfühlte Reize vor sich, die Speise regt den Magen zu regelmäßigen, zweckmäßigen Bewegungen an, reizt Bauchspeicheldrüse und Gallenblase, ihren Inhalt in den Darm zu ergießen, ohne daß wir das Geringste davon erfahren. Alle organischen Theile, also auch die mikroskopischen Zellen, welche ja den Organismus bilden, haben Erfühlungsvermögen, und Bewußtsein ist nichts anderes, als Vergegenständlichung des Gefühls unter besonderen Bedingungen. An die Nerven ist die Empfindung durchaus nicht gebunden, die Bewegungsnerven und die größte Masse des Gehirns verrathen nicht das mindeste bewußte Gefühl und die in Thieren und Pflanzen so zahlreichen Reflexbewegungen, die auf unbewußte Empfindungen erfolgen, geschehen doch mit großer Zweckmäßigkeit, als wenn sie mit Ueberlegung erfolgten. Diese beobachten wir auch bei den Pflanzen, z. B. bei Mimosa, Berberis, wo

auf Berührung die Blätter, die Staubfäden sich plötzlich bewegen, ja wo letztere mit Heftigkeit an den Stempel der Blume schlagen, wenn man diesen nur allein berührte. — Nur im Zellenleben können wir dieses Selbstgefühl suchen. Und ist es im Thierorganismus etwas anderes, wenn das kleine Zellchen, Ei genannt, welches im Eierstocke der weiblichen Thiere und Menschen entsteht, den spezifischen Reiz der Befruchtung erfühlt und dagegen reagirt durch eine selbstständige Bewegung, welche Formveränderungen der Zelle und ihre Ortsveränderung, den weiten Weg zur Gebärmutter hin, zur Folge hat?

Ist es aber Thatsache, daß eine Zelle einen Reiz auf sich zu beziehen vermag, dann folgt hieraus eine Reihe natürlicher Consequenzen, die wir Lebenserscheinungen nennen. —

Alle physischen und chemischen Kräfte der Natur wirken auf die kleine, nur durch das Mikroskop sichtbare Urzelle ein und ihre Wechselwirkung mit der Außenwelt ruft die Lebenserscheinungen hervor.

Eine erste und wichtige derselben ist aber die Aufnahme von Nahrungs- und Bildungsstoff. Alles, was Erfühlung (Lebensinnerung) und Reactionskraft (Lebensäußerung), also Gefühl und Bewegung hat, schließt zugleich den Trieb in sich ein, sich selbst zu erhalten. Man nennt diese organische Thätigkeit gewöhnlich Vegetation. Betrachten wir eine organische Zelle, gleichviel ob der Pflanze oder dem Thiere angehörig, durch ein Mikroskop, dann sehen wir ihre Zellenmembran völlig gegen die Außenwelt abgeschlossen und wir hören den Unkundigen fragen, wie durch diese geschlossene Membran neuer Er-

nährungs- und Bildungsstoff in das Innere der Zelle gelangen könne? Es geschieht dieses aber mittelst der Permeabilität der Zellenmembran, durch das Vermögen, Stoffe im aufgelösten, flüssigen Zustande durchdringen zu lassen. Alle Stoffe nämlich, welche sich im Wasser aufgelöst befinden, wie Salze, oder solche, welche, wie Gummi und Zuckerlösungen, eine große Verwandtschaft zum Wasser haben, gehen durch die Zellenmembran hindurch, während gleichzeitig ein Theil vom flüssigen Zelleninhalte durch die Membran heraustritt. Wir begegnen hier einer interessanten physikalischen Erscheinung, welche ebenfalls dem kleinsten Raume angehört und deshalb näher betrachtet werden muß. Es entstehen durch die Zellenmembran hindurch zwei entgegengesetzte Strömungen von Flüssigkeiten, eine von Außen nach Innen, eine von Innen nach Außen; die erstere hat man Endosmose, letztere Exosmose genannt. — Man erklärte sich früher dieses Phänomen durch äußerst feine Poren, welche man sich in den dünnen organischen Membranen dachte. Die Sache verhält sich aber anders und ist ein physikalisch-chemisches Gesetz. Wenn nämlich zwei Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit, wie z. B. Wasser und Zuckerlösung, durch eine organische Membran (man kann zum Experimente ein Stück Schweinsblase nehmen) von einander getrennt werden, dann tritt in beiden Flüssigkeiten das Bestreben ein, sich hinsichtlich ihrer ungleichen Dichtigkeit in ein Gleichgewicht zu versetzen — ein Theil Wasser strömt durch die membranöse Scheidewand nach der Zuckerlösung, ein Theil von dieser bewegt sich zum Wasser und zwar strömt von der dünneren Flüssigkeit immer eine weit größere Quan-

tität zur dichteren, als von dieser zur dünneren. Da nun der Inhalt einer Zelle stets dichter ist, als die äußere, die Zelle umgebende Flüssigkeit, so tritt also auch mehr hinein als heraus und die Endosmose überwiegt deshalb die Exosmose.

Wie durchdringt aber die Flüssigkeit die Zellenmembran, da dieselbe keine offenen Poren besitzt? Man muß sich vorstellen, daß jedes Atom Membranstoff auch seine Quantität Wasser enthält; könnte dieser Wassergehalt zunehmen, dann würde die Membran aufgelöst werden. Diese verhält sich aber dabei so, daß sie, kraft ihrer eigenen chemischen Elementarbestimmung, nur ein gewisses, nicht bis zur Auflösung gesteigertes Maaß Wasser aufnimmt und nicht eher neues Wasser anzieht, bis das ältere, bereits empfangene wieder abgegeben ist. Das Wasser kann aber die Atome der Membran nur verlassen, wenn es von anderen Stoffen angezogen wird, die mit ihm in besonderer Verwandtschaft stehen, was nun geschieht, wenn eine gesättigtere Flüssigkeit Bestandtheile aufgelöst enthält, für die das Wasser empfänglich ist.

Diese Endosmose und Exosmose erklärt nun vollkommen den Stoffaufnahme-Prozeß der Zelle. Thierisches Eiweiß und Pflanzenschleim (zwei stickstoffhaltige verwandte Materien) sind für das Zellenleben die Grundstoffe, durch welche die Endosmose eingeleitet und unterhalten wird. So wie Zellenkern und Zellenmembran gebildet sind, nimmt die Endosmose ihren Anfang, die äußere Flüssigkeit strebt sich mit dem chemisch veränderten, dichteren Zelleninhalte in's Gleichgewicht zu setzen, sie strömt ein, wird hier ebenfalls chemisch verändert und so haben wir das Urbild der Stoff-

aufnahme vor uns, die erste Lebensthat des kleinen, mikroskopischen Zellenorganismus. —

Das Wasser ist in der Natur das allgemeinste Auflösungsmittel anderer Stoffe. — Niedere Zellenpflanzen vegetiren allein schon in reinem Wasser, welches aus der Luft Kohlensäure und Ammoniak anzieht und oft noch eine kaum nachweisbare Menge unorganischer Salze enthalten mag. Wasser, Kohlensäure und Ammoniak repräsentiren aber in ihren Elementen die für alles Leben unentbehrlichen 4 Grundstoffe: Kohlen-, Wasser-, Stick- und Sauerstoff — und in dem meteorischen Wasser, dem gelegentlich noch kleine Quantitäten aufgelöster Stoffe beigemengt sind, wird der Lebensstoff der Pflanzenzelle und somit der ganzen Pflanze dargeboten. —

Die Zelle nimmt aber nicht nur solche Stoffe auf, deren sie gerade zum Leben bedarf, sondern überhaupt alle Stoffe, welche sich im Wasser aufgelöst finden und zur Endosmose fähig sind — selbst solche, die das Pflanzenleben rasch tödten, wie z. B. Gerbestoffe. Es besitzt die Zelle demnach in ihrer endosmotischen Stoffaufnahme gar keine Wahlfähigkeit, und eine etwa größere Anziehung eines Stoffes vor anderen ist nur auf Rechnung der chemischen Kraft zu bringen. Auch die Thierzelle gleicht im Prinzipe der Stoffaufnahme der pflanzlichen Zelle. Da aber im Thiere alle Substanzen differenter und complicirter auftreten, so kann die Thierzelle nicht im meteorischen Wasser die Elemente ihrer Ernährung finden, wir erkennen im sogenannten thierischen „Plasma," oder der Bildungsflüssigkeit, eine zusammengesetztere Materie, aus welcher Zellen entstehen und sich nähren. Auch die

Thierzelle nimmt, gleich der Pflanzenzelle, endosmotische Stoffe auf, wir sehen sie Kohlenstoff und Sauerstoff und eine Menge eiweißstoffiger Substanzen sich aneignen, fast ohne höhere Wahlfähigkeit, wie die pflanzliche Zelle, denn auch Gifte werden aufgenommen und selbst reines Wasser, im Uebermaaße zugeführt, vermag durch Hemmung anderer chemischer Prozesse das thierische Zellenleben zu stören.

Ein Organismus, welcher Nahrungs- und Bildungsstoff aufnimmt, muß aber auch diesen herangezogenen Stoff assimiliren, d. h. seinen Bestandtheilen völlig ähnlich machen, er muß auch neue Stoffe für sein Lebensbedürfniß bilden. — Diese Thätigkeit der Assimilation und Secretion finden wir denn auch bei der kleinen mikroskopischen Zelle, sie wandelt den aufgenommenen Stoff um und macht ihn zum Eigenthume und Theile ihres eigenen Daseins. Es müssen die Stoffe, welche durch die Zellenwand treten, von dieser zugleich einen lebendigen Einfluß erfahren, der sie der Zelle anähnelt durch chemische Verwandlung. Diesen Akt können wir uns nur durch eine physische Erscheinung erklären, welche man Contactwirkung oder Katalyse genannt hat. Es haben nämlich gewisse Stoffe die Eigenschaft, allein schon durch ihre Gegenwart neue chemische Prozesse einzuleiten und zu unterhalten, ohne selbst Theil daran zu nehmen. So regt der im Thiermagen abgesonderte Verdauungsstoff Pepsin, die Speisen zur chemischen Verwandlung in eine Masse an, welche zur Chylusbereitung führt, ohne daß jener Stoff selbst Antheil an dieser chemischen Veränderung nimmt. — Eine andere wichtige Erscheinung in der chemischen Sphäre der Natur ist diejenige, welche man prä-

disponirende Verwandtschaft genannt hat und die darin begründet ist, daß irgend ein Stoff die Zersetzung eines anderen Körpers bewirkt, um sich mit irgend einem Bestandtheile desselben oder dem Zersetzungsproducte selbst zu verbinden. Es erregt demnach ein Stoff einen chemischen Prozeß in einem anderen, weil das Product dieses Prozesses zum ersteren, anregenden Stoffe eine stärkere Verwandtschaft hat. — Beide chemischen Erscheinungen werfen nun auch auf das Stoffleben der Zelle ein erklärendes Licht und die größere und zugänglichere Pflanzenzelle möge uns hier als nächstes Objekt der Betrachtung dienen.

Assimilirbar vom Zellenleben sind die Elemente Kohlen-, Wasser-, Sauer- und Stickstoff; sie erscheinen als Pflanzenschleim, welcher mittelst Endosmose durch die Zellenwand eindringt. Derselbe hat erfahrungsgemäß die Eigenschaft, das Wasser zu zersetzen, den Wasserstoff mit der Kohlensäure zu verbinden und das Ammoniak zur Bildung stickstoffhaltiger Bestandtheile disponibel zu machen. Mit dem Zersetzen des Wassers hebt in der Pflanzenzelle der Assimilationsprozeß an, wahrscheinlich vermittelt durch das Licht, wobei die Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft in der Zelle festgehalten wird, um sich mit dem Wasserstoffe des zersetzten Wassers zu vereinigen. Mangel an Licht hebt deshalb diesen Prozeß gänzlich auf und eine Pflanze im völligen Lichtmangel kann durch künstliche Zuleitung von Wasserstoffgas in ihren Lebensfunctionen erhalten werden, indem dadurch dasjenige Element künstlich geliefert wird, was sonst erst durch Lichteinfluß erzeugt worden wäre. —

Bei diesem scheinbar nur physisch-chemischen Acte der

Assimilation werden aber noch Nebenproducte frei, welche man Secrete der Pflanzenzelle nennt. Als solche zeigen sich am hervorstechendsten freier Sauerstoff und Blattgrün (Chlorophyll). Besondere Pflanzen erzeugen auch noch besondere Secrete, sogenannte spezifische Stoffe, wie namentlich die Giftpflanzen, welche ganz verschiedene giftige Secrete liefern; so z. B. der Nachtschatten (Solanum) das heftig auf das thierische Leben einwirkende Solanin, der Schierling (Conium) das Coniin, die Brechnuß (Strychnos) das Strychnin, der Fingerhut (Digitalis) das Digitalin, die Tollkirsche (Atropa) das Atropin, der Eisenhut (Aconitum) das Aconit, das Bilsenkraut (Hyoscyamus) ein ebenfalls nach dem Namen der Pflanze bezeichnetes Gift u. s. w. Merkwürdig ist es dabei, daß die Pflanzenzellen zuweilen Secrete bilden, die, wenn sie im reinen Zustande in dieselbe oder gleiche Pflanze eingeführt werden, das Leben derselben schnell stören — es hat die Natur aber hier die Einrichtung getroffen, daß solche Secrete innerhalb der Zelle sogleich im Entstehen durch andere Stoffe neutralisirt werden, die entweder ebenfalls als Zellensecrete auftreten oder gleich fertig von Außen her in die Zelle eindringen. — Ein Beispiel ist die Oxalsäure im Steinklee, welche durch den Kalk, welchen die Pflanze von Außen aufnimmt, neutralisirt wird; so bilden sich auch viele Alkaloide, welche durch die gleichzeitig abgesonderten, organischen Säuern neutralisirt werden. — Das allgemein verbreitete Zellensecret, der freie Sauerstoff, wird ebenfalls nicht selten durch andere Secretionsstoffe absorbirt, wie durch Harze, Gerbestoff ꝛc., die eine chemische Verwandtschaft zu ihm haben. Die Bedeutung aller eigenthümlichen

Secretionsstoffe für das Leben der Pflanzenzelle selbst kennt man noch nicht, es ist aber unzweifelhaft, daß sie sämmtlich für das Zellenleben wichtig und nothwendig sind.

Die Zelle nimmt aber auch mit dem Wasser verschiedene Salzlösungen auf, sowol unorganische als organische. Wenn das Wasser verdunstet, so bleibt ein Theil dieser unorganischen Salze als Niederschlag in der Zelle zurück, während ein anderer Theil zersetzt wird. Dadurch erhält die Zelle aber wieder eine Reihe neuer Stoffe, welche nun wieder auf die vorhandenen und neugebildeten Stoffe zersetzend einwirken müssen, und es scheint zu den Lebensbedingungen der Pflanze zu gehören, daß sie immer einen Vorrath von Salzbasen besitze, um die entstehenden schädlichen Säuern zu neutralisiren. So finden wir z. B. in den Cactuspflanzen immer eine große Menge oxalsauren Kalkes vorhanden; die Pflanze nimmt stets von Außen kohlensauern Kalk auf, die Zellen bilden aber in sich freie Oxalsäure, der Kalk verbindet sich damit und die neutralisirte Säure wird der Pflanze unschädlich. —

Wir sehen aus solchen Thatsachen, deren sich noch eine große Menge anführen ließen, daß der kleine, dem unbewaffneten Auge unsichtbare Zellenorganismus einen lebhaften physikalisch-chemischen Prozeß unterhält, in diesem sich neue Lebensstoffe anbildet und dabei eine Reihe von Nebenproducten hervorgehen läßt. Es zeigt sich aber auch, daß die Pflanzenzelle, als ein abgeschlossenes Wesen, doch noch einen weiten Spielraum für die Mitwirkung der allgemeinen Naturkräfte offen läßt und die Zellenhülle nur die dienstbare Vermittlerin ist zwischen Außenwelt und Innenwelt der Zelle.

Auch die Thierzelle hat ihre Assimilation und Secretion. Hier, wo die Zelle mehr dem Leben allgemeiner Gewebe und der spezifischen Fortbildung zu höheren Organen dient, ernährt sich aber jeder Gewebstheil, Punkt vor Punkt, selbstständig durch seine Zellenformationen. Wie die Pflanzenzelle vom atmosphärischen Wasser, als Grundflüssigkeit aller ferneren Prozesse, umgeben ist, so wird die thierische Zelle vom Thier-Eiweißstoffe, dem Protoplasma, umgeben. In ihm findet sie ihre Lebensbedingungen, in ihm ist Kohlen-, Wasser-, Sauer- und Stickstoff enthalten, aber diese haben schon einige Salzbasen und eine freie organische Säure (Milchsäure) neben sich, um die ferneren Prozesse einzuleiten. Das durch die Zellenwand eintretende Plasma wird der Zellenmembran angeähnelt, es gehen daraus die zahlreichen Thierstoffe hervor und als Secret erscheint namentlich der Kohlenstoff, oft auch, wie in den Blutzellen, mit Eisen verbunden.

Es wurde vorhin erklärt, daß einer Endosmose auch immer eine Exosmose entgegenströme; es müssen also Stoffe aus der Zelle heraustreten, entweder flüssig oder dunstförmig, und die Zelle hat daher auch ihre Excretion und Exhalation. Die Pflanzenzelle dient auch hier besonders als Objekt der Erklärung. Ihre Ausscheidung hängt nicht von Wahlfähigkeit ab, sondern ist mehr das Product chemischer und physikalischer Thätigkeiten, es tauschen sich Flüssigkeiten und Gase aus und von letzteren hauchen die Pflanzenzellen vornehmlich Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure aus. Bei den Zellen, welche durch Gährung entstehen, wird die Stärke, durch den sogenannten Kleber, in Gummi, dieser

wieder in Zucker verwandelt und letzterer zersetzt in Weingeist und Kohlensäure. Der erstere verbindet sich bald mit Sauerstoff und wird Essigsäure. Im Keimprozesse der Pflanzen, der ebenfalls im Zellenleben geschieht, scheint ein ähnlicher Chemismus obzuwalten und das Product wäre dann ein Excret. Auch die Thierzelle scheidet Stoffe aus. Alle Gewebe werden vom Plasma umspült, das die Blutcirculation überall hinführt, die Zellen zur Ernährung und Fortbildung gebrauchen und wogegen sie die vom Leben zersetzten Stoffe oder solche, welche noch zu weiteren Lebenszwecken dienen müssen, absondern. Zu den ersteren gehört der Harnstoff und die Harnsäure, zu den letzteren die ganze lange Reihe organischer Thierstoffe, wie Galle, Speichel, Magensaft, Schleim, Talg ꝛc.

Die Zelle wächst und dieses ist der augenfälligste Beweis von ihrer inwohnenden Bildungskraft. Die assimilirten Stoffe werden zum Wachsthum verwendet, die Zelle wird dadurch größer, lagert dichtere Schichten ab oder geht in verschiedene Axenrichtungen der Fortentwickelung ein. Das Wachsthum wird dadurch bedingt, daß gleichartige Stoffe Anziehungskraft auf einander ausüben, daß sie im flüssigen Zustande die bereits festen Stoffe durchdringen und hier ebenfalls fest werden, ähnlich wie Krystalle in einer gesättigten Flüssigkeit, nur mit dem Unterschiede, daß der Krystall von außen, die organische feste Form aber in allen ihren inneren Theilen wächst. Die Ausbildung der Zelle richtet sich nun entweder nach dem organischen Formgesetze oder nach mechanischen Einwirkungen. Durch das organische Gesetz wird die Zelle bestimmt, daß sie sich longitudinal

ausbildet, Gefäßröhre, Faser u. s. w. wird, durch mechanische Einwirkungen dagegen wird veranlaßt, daß durch Raumbeschränkung eine ungleiche, theilweise zurückbleibende oder überwuchernde Ernährung Statt hat, woraus dann unregelmäßige Formen, Abplattungen, Vorsprünge, Strahlen u. s. w. bedingt werden. Nur die in Flüssigkeiten schwimmend erhaltenen Zellen entwickeln sich in regelmäßiger, sphärischer Form, weil sie einen schwachen, von allen Seiten gleichmäßigen Widerstand finden, wie z. B. Blut- und Lymphzellen, die Saftzellen. — Die meisten Zellen haben die Tendenz, sich in einer Axenrichtung auszudehnen, wodurch die oblonge, gestreckte Form bedingt wird. Man kann die verschiedenen Uebergangsformen der Zellen nebeneinander recht hübsch durch ein Mikroskop betrachten, wenn man eins der zarten Blätter von dem auf Dächern und Steinen gemein wachsenden Goldhaar-Moose wählt. —

Ist die Zelle vollendet, dann verwendet sie ihre Stoffe zur Ausfüllung ihres Inhaltes; die Pflanzenzelle lagert Schichten von festen Bildungsstoffen an ihre innere Wand ab, die Thierzelle sammelt dieselben mehr am Kern oder im flüssigen Inhalte an.

Unter scharfen Mikroskopen erkennt man aber auch Circulationsbewegungen im Inneren der Pflanzen und Thierzellen und man hat zu fragen, ob diese Bewegungen wirklich Lebensäußerungen der Zelle oder nur Folgen physikalischer Einflüsse sind? Die Bewegungen des Zelleninhaltes unterscheiden sich durch zwei allgemeine Formen, indem sie entweder als wirkliches Kreisen der Säfte oder als zitternde Bewegung kleiner Körperchen im Zelleninhalte auf-

treten. Die erstere Form ist bei den Thierzellen jetzt nachgewiesen, während in den Pflanzenzellen beide Formen vorkommen. So sieht man z. B. in den Gliedern der Charapflanze (die unter dem Namen „gemeiner Armleuchter" in unseren stehenden Wässern viel wächst) eine kreisende Bewegung des Saftes, dasselbe findet man in Closterien, Najas, Valisneria, Jungermannia u. s. w. recht deutlich. Der Strom geht in vielen Zellen an einer Seite in die Höhe und fällt an der anderen Seite der Wand nieder, wobei er alle in der Zelle enthaltenen Chlorophyll- Stärkemehl- oder Schleimkügelchen mit fortreißt und wodurch diese Bewegung gerade sichtbar wird. Man hat sogar in Zellen (namentlich von den Pflanzen Mamillaria stellata und Achlya prolifera) den überraschenden Anblick von einem Systeme feiner, vielfach anastomosirender Strömchen, in denen zarte Schleimkügelchen treiben und die ihren Auslauf vom Kerne aus nehmen, an der inneren Zellenwand und zwar durch die Höhle fließen und nach dem Kerne wieder zurückkehren, so daß eine systematische Selbstständigkeit darin erkennbar ist. Vergebens fragen wir nach der Ursache, wenn wir eine Erklärung in physikalischen Einflüssen, in Endosmose, Verdunstung u. dergl. suchen. Hier haben wir ein Lebensphänomen der Zelle vor uns, ein organisches Willensgesetz des Schöpfers, dessen Thatsächlichkeit wir anerkennen müssen. — Eine andere Form der Bewegung sehen wir in einem fortwährenden Erzittern der kleinen Körnchen, welche im Safte des Zelleninhaltes schwimmen. Eine ähnliche Wahrnehmung machen wir schon an jedem Wassertropfen, in welchem Staubkörnchen sich zitternd bewegen. — Diese Os-

cillation ist gewiß kein Lebenssaft der Zelle, sondern bei einem so kleinen Körper müssen alle chemischen und physikalischen Akte schon erschütternd einwirken, wie Verdunstung, chemischer Atomenaustausch, electrische Spannung u. dergl. Auch in den Thierzellen zeigen sich eigenthümliche circulatorische und moleculare Bewegungen, so unter Anderen in den sogenannten Hodenbläschen der Blutegel, die lebhaft an die Strömungen in der Charapflanze erinnern und noch Stunden lang fortdauern, wenn man die Zellen aus dem lebenden Thiere weggenommen und gänzlich isolirt hat. Aehnliches sieht man in den Dotterzellen der Planarien und sogar ein pulsirendes Bewegen in den Hautpigmentzellen der Cephalopoden (namentlich Tintenfisch), wo die Zellen sich abwechselnd zusammenziehen und ausdehnen und die kleinen Farbemolecule im Inneren diese Bewegung der ganzen Zelle dadurch verursachen, daß sie plötzlich alle auf das Centrum zu stürzen, sich hier zu einem schwarzen Kerne zusammenballen, während die Peripherie der Zelle faltig zusammenfällt — dann aber ebenso plötzlich wieder nach allen radialen Richtungen hin gegen die Peripherie forttreiben und diese ausdehnen. Der mikroskopische Anblick dieser Bewegung, die sich in einer Zeichnung nicht getreu wiedergeben läßt, ist ebenso überraschend, wie lehrreich — wir sehen in diesem kleinen Zellenorganismus das Urphänomen der Circulation, Anziehung nach einem Mittelpunkte und Abstoßung nach der Peripherie — könnte man hier noch an dem Eigenleben der Zellen zweifeln?

Aber noch eine andere Bewegung zeigen die Zellen — sie bewegen sich räumlich von einem Orte zum

andern, sie haben also auch Ortsveränderungsfähigkeit. Wir sehen sie an Pflanzenzellen vielfältig, wir beobachten sie in der Thierwelt an den Zellen des Dotters, des Blutes, der Lymphe und des Chylus, wir gewahren sie im ersten Aufzucken einer zum Herzen werdenden Zelle im Embryo. — Die Pflanzenzelle zeigt diese Bewegung recht deutlich in dem Samenstaube (Sporenzellen) gewisser Gattungen, wo die Sporen aus ihrem Schlauche hervortreten und mit auffallender Freiheit umherfliegen, wir sehen auch ganze Pflanzenglieder sich bewegen, die doch nur Zellenreihen und Zellenflächen sind, wie die Pflanzen: Hedysarum gyrans, Mimosa, Berberis, Ruta, Geum urbanum, Hyoscyamus aureus, Polygonum orientale, Tritillaria u. s. w. Nicht minder überraschend ist die freie Bewegung der Oscillatorienzelle, welche bereits ein vollständiges Geschöpf darstellt, in seiner unzähligen Menge den grünen Beschlag in Wassergläsern bildet und in seiner Bewegung an die Willkür eines Thieres erinnert. Zu dieser selbstständigen Zellenbewegung gehört auch die leichte, convulsivische Bewegung der Charazelle, wenn ein Faden um sie gelegt wurde, so wie ferner die freien Ortsveränderungen grüner Kügelchen in den kleinen Pflänzchen Najas, Valisneria, Closterium u. s. w., namentlich aber der Sporenzellen der Pflanze Achlya prolifera, welche sich von den Endgliedern der aufspringenden Samenhüllen (Sporangium) trennen, lebhaft sich im ruhigen Wasser umherbewegen und erst, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, zu keimen beginnen.

Die sichtbare Ortsveränderung der Thierzellen ist nicht minder interessant. Während der Bebrütungszeit der

Eier sieht man unter günstigen Umständen nicht selten die kleinen Zellen, woraus der Dotter besteht, in eine gleichmäßige Bewegung gerathen, eine Erscheinung, die auch bei den kleineren Insecteneiern wahrgenommen wird. Eine höchst merkwürdige Bewegung erblickt man aber an denjenigen Zellen, welche das sogenannte Flimmerepithelium bilden. Unter Epithelium versteht man nämlich die feine Zellenschicht, welche, ähnlich wie die Zellenlage der äußersten Oberhaut (Epidermis) unseres Körpers, alle Oberflächen der Schleimhäute bedeckt. Betrachtet man ein Stückchen Schleimhaut durch ein Mikroskop von oben herab, dann glaubt man auf ein Straßenpflaster zu schauen, wie

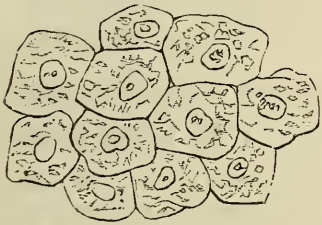


Fig. 46.

Fig. 46 versinnlicht, und das man deshalb auch das Pflasterepithelium genannt hat. Anders verhält sich aber dieser Zellenüberzug auf denjenigen Schleimhäuten, welche die inneren Luftwege der Athemorgane und die inneren Schleimflächen der Geschlechtsorgane überkleiden, wie in Luftröhre, Lungenkanälen, Nasenschleimhaut, Fischkiemen, in den Eierleitern, der Gebärmutter, Scheide u. s. w. Hier bilden die Zellen längliche, pallisadenartig nebeneinander gelagerte Körperchen, entweder rund oder meist cylindrisch, die an ihrem oberen Ende in eine wimperähnliche Fortsetzung oder in ein Bündel von Fäden ausgezogen sind. Fig. 47 giebt mehre vorkommende Formen in starker Vergrößerung, und zwar sind die Formen a b der Mundhöhle eines Frosches entnommen, c zeigt die Profilansicht

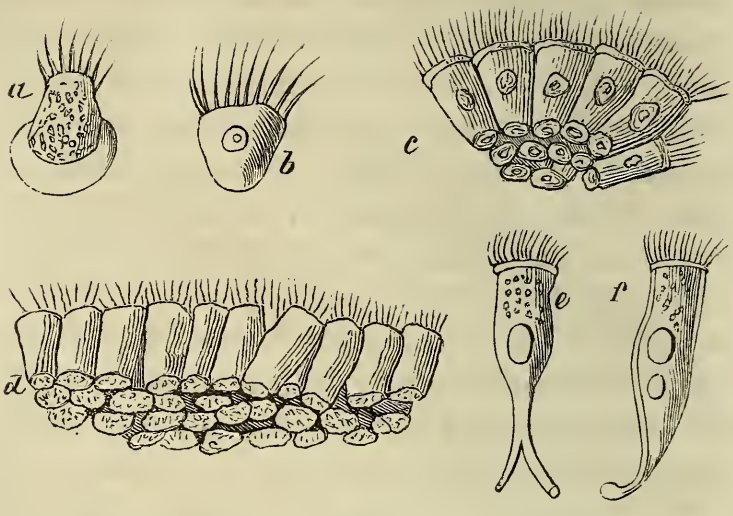


Fig. 47.

einer solchen Schicht aus der Luftröhre eines Kaninchens, d aus der Luftröhre eines Menschen, e ein solches Zellchen aus der Luftröhre eines Hundes, während f ein einzelnes, noch stärker vergrößertes Flimmerzellchen vom Menschen darstellt. Gewöhnlich enden sie unten im unversehrten Zustande in eine Wurzel aus, wie man in Fig. e und f bemerkt. — Blickt man auf ein solches Stückchen frischer, dem lebenden Thiere entnommener Schleimhaut, so glaubt man auf ein wogendes Kornfeld zu sehen, indem alle unzähligen Wimpern in einer schwankenden rotirenden Bewegung sind, mit vorherrschender Hinneigung nach einer Seite, ähnlich wie die Kornhalme im Winde, und jedes Wimperchen wiederholt diese Bewegung in einer Secunde zwei bis drei Male, wobei sie die sie umgebende Flüssigkeit ruderartig schlagen und gleichfalls in Bewegung setzen.

Kleine Körperchen, welche auf diese flimmernde Schleimhautfläche gelangen, werden dadurch fortbewegt und dieses Phänomen dauert an 36 Stunden selbst 14 Tage lang fort, nachdem die Schleimhaut vom lebenden Thiere abgeschnitten war, wodurch also deutlich das eigenthümliche Zellenleben vor die Sinne tritt. Kälte, Eintrocknen, Berührung von gewissen Giftstoffen oder chemischen Reagentien tödtet dieses Zellenleben mit seiner Bewegung bald schnell, bald langsamer, Electricität hat gar keinen Einfluß darauf. Dieses Flimmer-Zellensystem finden wir aber auch vielfältig an kleinen Thiereiern und Embryonen, manches Eichen ist eine Zelle mit solchen Wimpern und daraus erklärt sich die Fähigkeit der Eierchen von den Säugethieren bis zu den Infusorien herab, sich von einem Orte zum andern zu bewegen, da ihre Wimperchen gleich Rudern sie in der mikroskopischen Flüssigkeit weitertreiben.

Eine andere augenfällige Bewegung sehen wir bei den Blutzellen, welche in allen Blutsäften der Thiere vorhanden sind und durch die Adern kreisen. Daß hier nicht allein Druck- und Pumpkraft des Herzens die Fortbewegung veranlassen, kann man recht deutlich im Ei sehen, wo die erste Entstehung der Blutcirculation ein zu interessantes Phänomen ist, um hier nicht eine nähere Betrachtung zu verdienen. Die Blutströmung ist hier im Ei immer *früher* vorhanden, als das Herz.

Nehmen wir zum Gegenstande unserer Darstellung das *Menschenei* selbst. —

In den Eierstöcken der weiblichen Säugethiere und Menschen keimen die Eierchen in mikroskopischer Kleinheit als

kleine Zellchen innerhalb kleiner, mit eiweißstoffiger Flüssigkeit gefüllter Räume. Es sei in Fig. 48 A ein Theil von

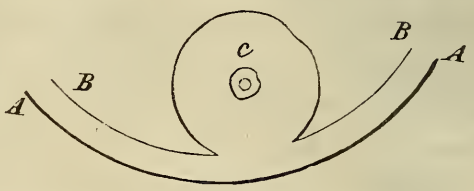


Fig. 48.

der äußeren Wand des Eierstockes und B dessen innere, einen Höhlenraum bildende Haut, so entsteht aus der diese kleine Höhle füllenden eistoffigen Flüssigkeit frei durch den Bildungstrieb der Natur ein äußerst zartes Eizellchen c, das in seiner Reife aus einem inneren Keimbläschen a (Fig. 49), einer Dotterhaut b und einer äußeren, feste-

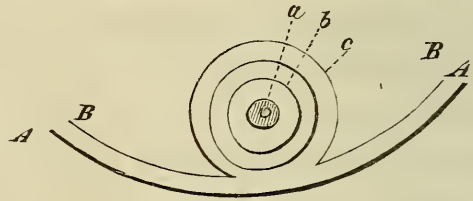


Fig. 49.

ren Umhüllungshaut c besteht. Der Raum zwischen Keimbläschen und Dotterhaut ist mit einer öligen Flüssigkeit gefüllt, welche wieder aus unzähligen kleinen Zellen, Dotterzellen, gebildet ist und Dotter genannt wird, während der Raum zwischen Dotterhaut und äußerer Hülle Eiweiß enthält. Ein solches Eichen erreicht nach seiner völligen Reife zur Befruchtungsfähigkeit nur die Größe von zwei Tausendstel eines Pariser Zolles und diese Größe muß der Mikroskopiker schon bedeutend nennen, während die

menschlichen Blutzellen, die als Blut durch unsere Adern kreisen, ungleich kleiner sind und nur einen Durchmesser von zwei Zehntausendstel Zoll erreichen. —

Wird nun ein solches Ei befruchtet, d. h. wird es entweder im Eierstocke selbst oder auf seinem Wege zur entfernt liegenden weiteren Entwickelungsstätte, der Gebärmutter, von einem einzigen der merkwürdigen Zellchen berührt, welche im Samen der männlichen Thiere und Menschen eine Hauptrolle spielen, so gehen alsbald wunderbare Veränderungen im Ei vor, die dasselbe zur Bildung eines Embryo bestimmen. Wir haben hier wiederum zwei merkwürdige Bewegungserscheinungen von animalen Zellen vor uns. Einmal bewegt sich das reife Ei selbstständig vom Eierstocke, dessen Höhle, worin es entstand, platzt, in die Eierleiter gegen die Gebärmutter hin, zweitens aber bewegen sich die Samenzellen wiederum selbstständig gegen den Eierstock hinauf, um dem Ei zu begegnen. Findet dieses Begegnen nicht Statt, fand also keine fruchtbare Begattung Statt, dann stirbt das Ei ab und wird aufgelöst, und da bei den Thieren zur Zeit der Brunst, bei dem menschlichen Weibe zur Zeit der Menstruation, die reifen Eier, der Befruchtung harrend, den Eierstock verlassen, so gehen viele zu Grunde, wenn die Samenzellen ihnen nicht begegnen und (wäre es auch nur ein einziges Samenzellchen, was völlig genügt) durch einen wunderbaren, geheimnißvollen Contact zur Fortbildung anregen. Der männliche Befruchtungsstoff ist nämlich bei allen animalischen Geschöpfen dadurch merkwürdig, daß er kleine Körperchen in Unzahl enthält, die man ihrer raschen Bewegung wegen, welche sich von Willkür schwer

unterscheiden läßt, Samenthiere genannt hat. Sogar bei einigen Pflanzen hat man solche bewegungsfähige Körper gefunden, z. B. in den Sphagnen, dem Torfmoos, wo sich in jeder kleinen Zelle des Blüthenstaubes ein spiralig aufgerolltes Fädchen mit einem ellipsoidischen Köpfchen an einem Ende findet, welches sich bewegt, sich aus der Zelle entfernt und draußen seine Bewegungen fortsetzt. Aehnlich verhält es sich bei den Lebermoosen. Bei Menschen und den meisten Säugethieren erscheinen diese Samenzellen als ellip=

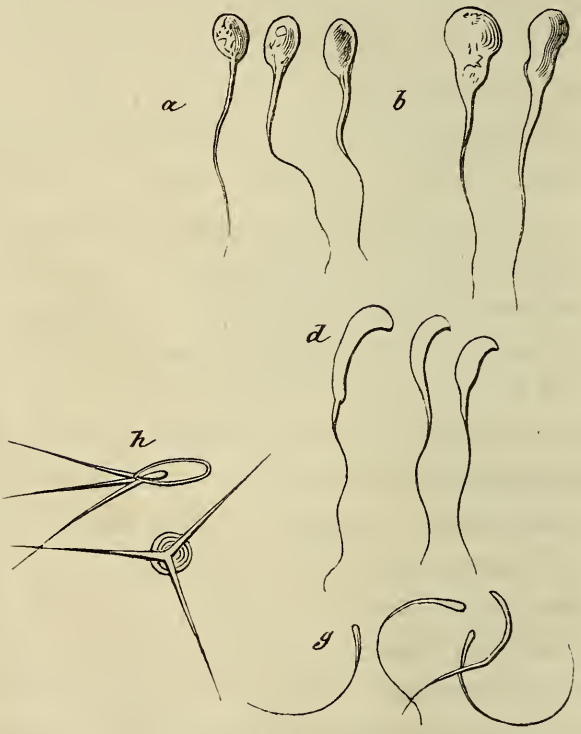


Fig. 50 a, b, d, g, h.

tische Körper mit einem langen Schwanzfaden, wie Fig. 50 a; der Körper allein mißt den sechs= bis achthundertsten Theil

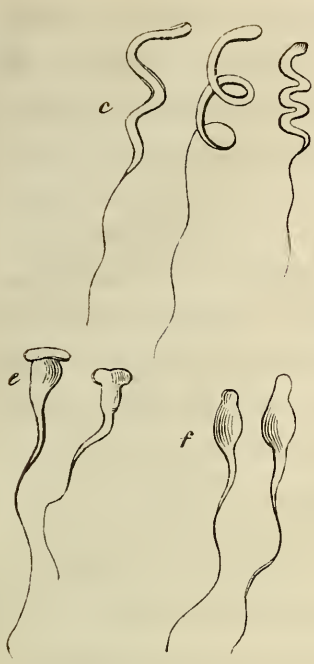


Fig. 50 c, e, f.

einer Pariser Linie, mit dem Schwanze haben sie eine Länge von 1/40—1/50 Linie. Bei einigen Säugethieren ist der Körper birnförmig (Fig. 50 b), ebenso auch bei manchen Fischen, Vögeln und Amphibien. Bei Paludinen, Haifischen und Singvögeln zeigen sie einen schraubenförmig gewundenen Körper, c; bei Hunden, Rehen und Kaninchen ist die Birnform besonders hervorstechend, bei Mäusen gleichen sie einer bauchigen Messerklinge mit gekrümmter Spitze, d; beim Eichhörnchen hat der Körper aufgeworfene Ränder, e; beim gefleckten Salamander hat der vorn spitzzulaufende Körper einen kleineren Knopf, f; bei Würmern, Insecten und Mollusken ist der Körper haarförmig, g; beim Krebse mit drei spitzen Strahlen versehen, wie in h, wo die Gestalt in zwei verschiedenen Lagen gezeichnet ist. Bei den Thieren finden sich diese merkwürdigen sogenannten Samenthierchen nur zur Zeit der Brunst, menschliche Bastarde und Castrirte besitzen sie niemals. — Trotz der so täuschend willkürlichen Bewegung dieser Geschöpfchen hat man doch in neuester Zeit Anstand genommen, sie noch als wirkliche Thiere zu betrachten, und sie mehr den Wimperzellen zugezählt, welche uns vorhin beschäftigten.

Ist ein einziges solches Wesen mit dem reifen, auf seiner Wanderung zur Gebärmutter begriffenen, meist 8—12 Tage unterwegs sich befindenden Eie in momentane Berührung gekommen, so gehen im Eie selbst merkwürdige Bewegungen vor, welche uns über das Leben und seine Planmäßigkeit im kleinsten Raume ein erstaunenswerthes Bild eröffnen, da aus diesem einfachen Zellchen auch der vielgegliederte Mensch hervorgehen soll. — Zunächst platzt das innerste Keimbläschen (Fig. 49 a) und ergießt sein wasserhelles Fluidum in die Dottermasse, um als Keimbläschen dann gänzlich zu verschwinden. Wo es aber in der Nähe der Dotterhaut lag, bildet diese eine doppelte Schicht, ein äußeres (seröses) Blatt und ein inneres, sogenanntes Schleimblatt, wie Fig. 51 versinnlicht (a seröses, b Schleimblatt),

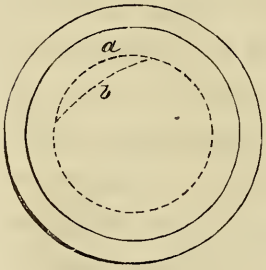


Fig. 51.

dieses Blättchen falten sich, es sind damit die beiden großen Lebenssphären bestimmt, denn aus dem serösen Blatte entstehen die Organe der Empfindung und Bewegung (Sinne, Nerven, Muskeln), aus dem Schleimblatte gehen die Organe der Bildung, Ernährung hervor (Athmungs- Verdauungs- und Absonderungsorgane), während zwischen beiden Blättern die Rudimente der beiden Sphären angehörenden Organgruppen, Blutgefäß- und Geschlechtsleben, zum Vorschein kommen. —

Nachdem die Natur auf diese Weise den Grundriß des künftigen, höheren Organismus angelegt hat, ergreift der Bildungstrieb die vorgezeichneten Sphären. In dem serösen,

äußeren Blatte entsteht ein Streifen, welcher an einer Seite sich hakenförmig umbiegt; dieser Streifen ist die Axenlinie des künftigen Geschöpfes, damit ist vorn und hinten, oben und unten bestimmt, es ist das werdende Rückenmark und seine Umbiegung das künftige Gehirn. — Alsbald beginnt aber auch das Schleimblatt, dieser Meridianlinie des vorgezeichneten Organismus folgend, seine Anlage zu den Ernährungssphären deutlicher hervorzuheben, es sackt sich der werdende Darm nach derjenigen Seite aus, wo bereits das ganze Ei seine Wurzelfädchen gebildet und sich an der blutreichen Wand des mütterlichen Organes festgesetzt hat, um alsbald einen Austausch und eine Aufsaugung des Ernährungsstoffes aus dem mütterlichen Blute zu beginnen. Um dieses Bild des Lebens im Ei verständlich zu machen, diene Fig. 52 als Schema eines acht Tage alten Embryonal-Menschen.

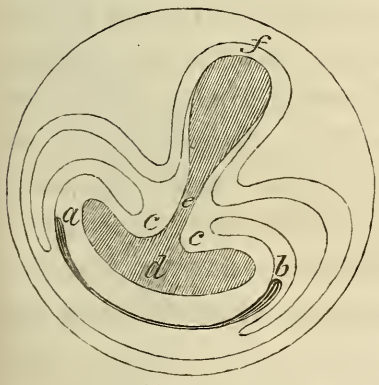


Fig. 52.

Hier sehen wir in a b den sogenannten Primitivstreifen, die Axenlinie und das künftige Rückenmark mit dem in b vorgezeichneten Gehirnpole — das Schleimblatt c, welches den Dotter d umfaßt, hat sich da, wo einst das Keimbläschen lag, eingeschlagen, trennt den Dotterraum in zwei Theile und hier in der Verengerung e entsteht der Nabel, durch den nun die demnächst sich bildenden Blutgefäße sich gegen die Aussackung erstrecken, um in f

ein Gefäßnetz mit den Blutadern der Mutter zu bilden, während der obere Embryo sich in e immer mehr von der Aussackung f abschnürt. — Hier aber in f geschieht die Ernährung und Athmung, der Embryo athmet, wie ein Wasserthier, im Flüssigen, und zwar aus dem Blute der Mutter, seine Gefäße haben in f die Bedeutung von Kiemen und über e, in der Bauchgegend des werdenden Menschen, entsteht eine Blase, die zum Athmen dient, da die Lungen erst entwickelt werden müssen; auf ihr verästeln sich die Kiemengefäße und diese Blase wird später, wenn sie zur Athmung nicht mehr nützt, von der Natur aufgespart zur künftigen Harnblase. —

Nach diesen Vorstellungen können wir jetzt das interessante Bewegungsphänomen betrachten, welches uns auf die Bildung im Ei geführt hat, nämlich die selbstständige Bewegung der Dotterzellen als beginnender Kreislauf. — Da, wo die Dotterhaut sich in zwei Schichten, ein äußeres seröses und ein inneres Schleimblatt spaltet, bildet zwischen beiden die hier vorhandene Dotterflüssigkeit die erste Urform des Blutes in der Gestalt der kleinen Dotterzellen. Es gerinnt die Flüssigkeit zu kleinen Inseln, welche netzförmige Kanäle zwischen sich lassen, in welchen nun die hier übriggebliebenen Dotterzellen in Strömung gerathen. Eine schematische Abbildung in Fig. 53 möge diese Erscheinung versinnlichen helfen.

Es stellt diese Zeichnung einen Theil derjenigen Peripherie des Eies im Profil dar, wo sich seröses und Schleimblatt gespalten haben und die künftige Rückenmarklinie gezogen worden ist. Die Linie a—b bezeichnet das seröse Blatt

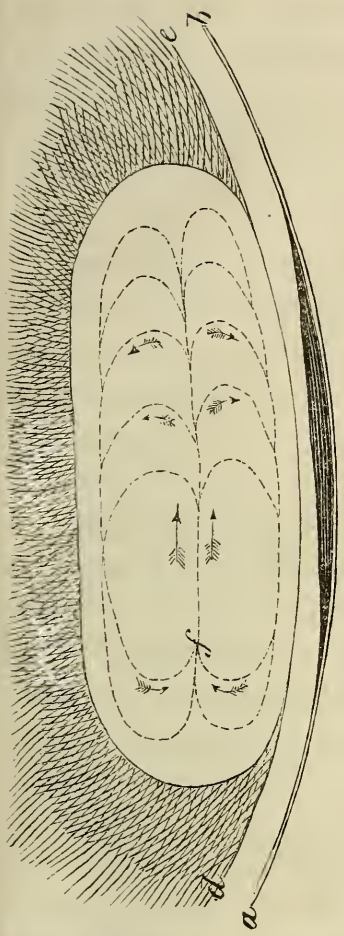


Fig. 53.

mit dem Rückenmarkstreifen c; die Linie d—e stellt das Schleimblatt vor. In der Dottermasse beginnt nun die Strömung der kleinen Zellen und zwar in der Richtung, wie die Pfeile angeben. Es ist eine Doppelströmung, zwei Kreise darstellend, welche in f wieder zusammentreffen, und hier ist dann auch die Stelle, wo sich später das Herz entwickelt, wo das erste Zucken und Pulsiren beginnt, gleichsam wie ein electrischer Schlag zweier sich begegnender, verschieden polarisirter Strömungen. Diese Strömungen sind auch wirklich sich durchschneidende, in Form einer ∞, und wenn wir in einem 22—30 Stunden lang bebrüteten Vogelei diese erste Bildung des Gefäßsystems auf der Fläche von oben herab betrachten, dann erblicken wir die Richtung der kreisenden Dotterzellen nach folgendem Schema (Fig. 54): in a ist der künftige Herzpunkt, die Ströme laufen in b und c in der Richtung der Pfeile aus und durchkreuzen sich wieder in a, um den Lauf von Neuem zu beginnen. Die

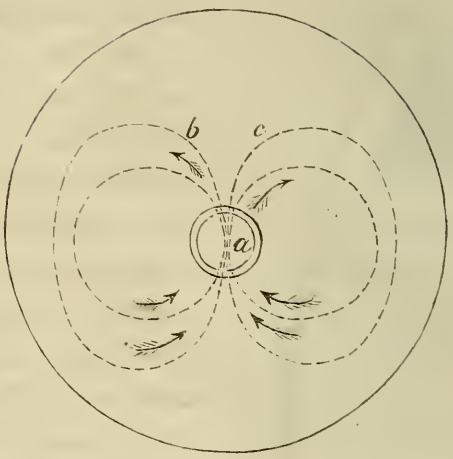


Fig. 54.

Ströme werden, indem sie die Peripherie ihres Laufes erreichen, polarisirt, ziehen sich an und indem sie in a ausgeglichen werden, stoßen sie sich wieder ab, um in eine neue rotirende Spannung zu gelangen. Das erste Pulsiren in a gleicht deshalb ganz einem electrischen Schlage.

Giebt es also auch im Thierleben augenfällige Beispiele von der Selbstbewegung kleiner, mikroskopischer Urzellen, so kann man nicht leugnen, daß der Zelle an sich auch die organische Bedeutung eines Organismus zukomme. Die Lebensäußerung desselben reicht aber noch weiter. — Es ist eine Bedingung, daß er als abgeschlossener Lebenskreis auch die Kraft in sich trage, seines Gleichen fortzupflanzen. In der Pflanzenwelt, wo unseren bewaffneten Sinnen das Zellenleben mehr geöffnet ist, haben wir denn auch die Erfahrung gemacht, daß eine Zelle in dem Ueberschusse ihrer assimilirten Stoffe und in dem vorhandenen Schleime die Bedingungen finde, durch welche sie zur Neubildung junger

Zellen fähig wird. Es wiederholt sich in der Zelle selbst der gleiche Entwicklungsprozeß, welcher zur Entstehung der Mutterzelle nöthig war, und es gehen aus der Mutterzelle Töchter- oder Blutzellen (Blastidien) hervor, welche ihr völlig ähnlich sind und durch deren Wachsthum das Leben der Mutterzelle beschränkt und allmälig ganz zerstört wird. Bei den Pflanzen ist eine einzige Sporenzelle (eine Zelle des sogenannten Blumenstaubes) hinreichend zur Hervorbringung einer ganzen, aus unzähligen Zellen bestehenden Pflanze, wie bei den Kryptogamen der Fall ist, und auch bei den Phanerogamen bildet die kleine Keimzelle des Pflanzenembryo die ganze Pflanze aus sich hervor.

Nehmen wir eine der einfachsten Pflanzen, welche nur eine einzige Zelle darstellt, zum Gegenstande der Beweisführung, z. B. die Protococcuspflanze, welche als grüne Zelle in unzähliger Menge nebeneinander den grünen Beschlag der Wassergläser bildet. Nehmen wir ein Bischen davon unter das Mikroskop, dann erscheint die grüne Masse in folgender Gestalt (Fig. 55).

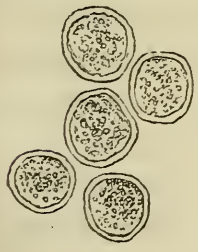


Fig. 55.

Die Fortpflanzung und Vermehrung derselben geschieht nun dadurch, daß sich in der einfachen Protococcuszelle zwei neue Zellen (Töchterzellen) entwickeln, welche anfangs lose in der alten Zelle liegen, dann dieselbe zerstören und als neue, selbstständige Organismen frei werden. Dieser Prozeß ist in Fig. 56 a, b, c bei starker Vergrößerung in drei Entwicklungsstufen versinnlicht.

Ein ähnlicher Prozeß findet bei den Flechten Statt,

Fig. 56.

deren Sporen aus Doppelzellen bestehen, wo, wie z. B. bei dem Becherpilze Peziza, in jeder Mutterzelle acht neue Töchterzellen entstehen. Auch bei Farrenkräutern und Schafthalmen vervielfältigen sich die Zellen durch Entwicklung in anderen, bei den phanerogamischen Pflanzen ist der sogenannte Embryosack eine große Mutterzelle, die Entstehung neuer Zellen in Zellen ist überall gesehen, in dem Pollen (Blüthenstaube), im Cambiumsafte der Knospenspitze, in allen pflanzlichen Haarbildungen u. s. w., und es ist ein allgemeines Gesetz, daß die Fortpflanzung der Zellen nur durch Bildung neuer Zellen in alten geschieht. Ja — bei vielen Moosen, z. B. bei Marchantia polymorpha, Gymnocephalus androgynus, selbst bei höheren Pflanzen, wie Malaxis, Ornithogalum, tritt eine einzelne Zelle freiwillig aus dem Zusammenhange mit der Pflanze und fängt ihr eigenes Leben an, indem sie neue Zellen in sich bildet und den Grund zu einer neuen Pflanze legt.

Dieser Bildungsprozeß geht innerhalb einer Zelle nun nach demselben Formgesetze vor sich, wie es früher bei der Zellenentstehung in freiem Pflanzenschleime beschrieben wurde. Fig. 57 giebt darüber eine progressive Reihe von Abbildungen im Großen.

Der Stoff wird vom Inhalte der Mutterzelle dargebo-

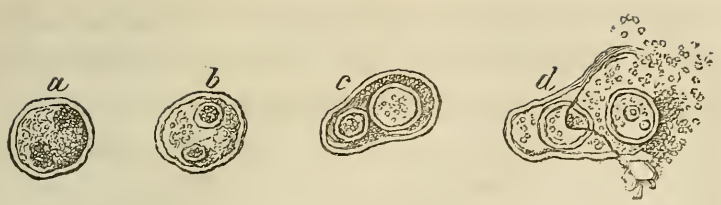


Fig. 57.

ten; — nachdem der Zellenkern derselben resorbirt ist, gerinnt in der Masse auf zwei oder mehren Punkten ein Häufchen feiner Körnchen (a) und sie geben die Grundlage zu Zellenkernen für die neue Generation. Um sie herum gerinnt die Zellenmembran, es wird damit die neue Zellengruppe abgegrenzt vom übrigen Inhalte der Mutterzelle (b), die Töchterzellen ernähren sich aus dem Safte der alten Zelle, wachsen immer mehr ihrer eigenen Reife entgegen, treiben die Mutterzelle oft an einer Seite auf (c) und zersprengen diese endlich, zuweilen schon eine neue Generation in sich tragend (d), also ein wirkliches Einschachtelungssystem darstellend. Daß sie dieselben Bestandtheile und Formzustände der Mutterzelle annehmen, ist eine Folge desselben organischen Naturgesetzes, welches jede Pflanze und jedes Thier zwingt, nur neue Geschöpfe eigener Gattung zu zeugen, aber ebenso, wie eine spezifische Salzlösung auch immer nur ihre spezifische Krystalle aus sich hervorgehen lassen kann, so entwickeln sich auch die jungen Zellen aus einem bestimmt gegebenen Stoffe, unter den organischen und physikalischen Einflüssen der Mutterzelle, und müssen dadurch den ähnelnden Eindruck empfangen, welcher sie zu neuen Repräsentanten der Mutter macht.

Es giebt aber bei einigen auf sehr niedriger Stufe

stehenden kryptogamischen Pflanzen noch eine andere, obgleich nicht sehr verbreitete, und in allen höheren Pflanzen überhaupt nicht vorkommende Vermehrungsart der Zellen, nämlich durch Selbsttheilung. Wir finden dieses namentlich bei den Conferven, z. B. Polysperma glomerata, wo sich nämlich in der Zellenmembran eine Kreisfalte, eine Einschlagung nach Innen bildet (Fig. 58 a), die sich im-

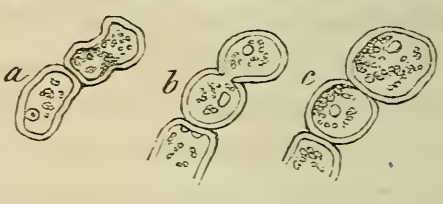


Fig. 58.

mer mehr einschnürt (b), endlich in der Mitte zusammenstößt (c) und die Zelle in zwei Zellen trennt, von denen jede nun den Theilungsprozeß wiederholt. —

Ueber die Fortpflanzungsart der thierischen Zellen herrscht zur Zeit noch um so mehr Dunkel, je klarer das Leben der Pflanzenzellen wurde. So viel ist aber gewiß, daß Zellenbildung in Mutterzellen (endogene Zellenbildung) eine innerhalb des thierischen Lebens höchst selten vorkommende Erscheinung ist. Es scheint überhaupt die Zelle im Thiere kaum die Zeit zu solcher inneren Generation abzuwarten, da sie zu sehr auf Fortbildung gerichtet ist und da, wo sie zeitlebens Zelle bleibt, doch gerade diese Dauer des Lebens zu flüchtig und rasch ist, gleichsam als treibe die organische Idee des Ganzen die Zellenwände aus ihrer umschlossenen Individualität heraus, damit diese nicht zu energisch selbstzweckisch und dadurch abnorm werde. Wir

dürfen bei solcher Vorstellung nie den Begriff außer Augen lassen, daß jede Zelle Selbstzweck und Mittel für ein Anderes ist. In den Pflanzen überwiegt das Erstere, in den Thieren das Letztere. Hier strebt Alles zum Ganzen, jeder Theil soll Mittel des gemeinschaftlichen Centrallebens werden und vergißt gewissermaßen darüber seine eigne selbstzweckische Ur-Fortpflanzung. Wo aber die Zelle als solche sich behauptet, da ist, wie Blutzellen, Lymphzellen, Epidermis- und Epitheliumzellen, die Daseinsdauer derselben zu kurz und ist höheren Zwecken der organischen Functionen hingeopfert. Deshalb geschieht im thierischen Organismus die Neubildung immer aus der allgemeinen Bildungsflüssigkeit durch einen primären Akt, und wie in einer mit zwei verschiedenen Salzauflösungen gesättigten Flüssigkeit derjenige Krystall entsteht, von dessen gleicher Art man einen bereits fertigen hineinlegte, so schießt auch das thierische Plasma zu Zellenformationen an, weil es den Einfluß der schon vorhandenen Zellen erfährt und dadurch in ähnliche Bildung einschlägt. Was die Erfahrung im kleinsten Raume der Thierkörper bisher über Zellenbildung in Zellen zu sammeln vermochte, ist wenig und läßt sich in wenige Fälle zusammenfassen. Bei der ächten Knorpelsubstanz geht der Zellenkern, sich umwandelnd, in eine Tochterzelle über, was mit den Pflanzen in so fern nicht übereinstimmt, als hier die Zellenbildung in der Mutterzelle nicht eher beginnt, als bis der Zellenkern verschwunden ist, als wollte die Zelle dadurch gleichsam andeuten, daß ihr Centralleben (Selbstzweck) beendet und nun der neuen Generation Spielraum gelassen sei. In der Knorpelzelle der Thiere aber entwickelt

der Zellenkern eine innere Höhlung, wird dadurch selbst zur Zelle, welche nun zuweilen kleinere Zellen in sich bildet. Die Kerne der Thierzellen haben im Allgemeinen eine große Neigung zur Selbsttheilung und man trifft mit dem Mikroskope viele an, die bereits eine Form wie Stundengläser X angenommen haben. Auch bemerkt man in dem Verknöcherungsprozesse der Knorpelgewebe, daß der Kern der einzelnen Knorpelzelle verschwindet und ihr körniger Inhalt sich zu mehren neuen Kernen gruppirt, um die sich dann neue Zellenmembranen entwickeln. Ob auch eine Selbsttheilung, wie bei Pflanzen, vorkommt, hat man zur Zeit weder zu bejahen noch zu verneinen vermocht, man sah nur im Blute der Krebse häufig Doppelblasen, in zwei Theile abgeschnürte Blutzellen, so wie im Schilddrüsensafte des Hundes marzipanförmige Zellen, welche auf mittlere Abschnürung und Theilung hindeuten. Wir werden später noch einmal auf die Zellenvermehrung zurückkommen, wenn wir bei der Betrachtung der Fortpflanzungsweise der Thiere Gelegenheit finden, den sogenannten Furchungs- oder Zerklüftungsprozeß im Eidotter zu beschreiben. —

Alles Leben hat in einer bestimmten Form einmal sein Ende. Da Leben als ununterbrochenes Bewegen und Werden auftritt, so kann es, da es in endlicher Form sich offenbart, nicht über ein gewisses Ziel hinaus werdend gedacht werden. Dieses erreichte Ziel ist aber auch das Ende des bestimmten, besonderen Lebens.

Die kleine Urzelle, ein lebendiger Organismus, erreicht ebenfalls den höchsten Grad ihres Werdens, wo das Spiel chemischer Combinationen und physikalischer Wechselwirkun-

gen sich erschöpft, die Bildungsidee erfüllt, die Bildungskraft verbraucht ist und die Zelle den auflösenden Kräften der unorganischen Natur sich frei überläßt, oder durch organische Auflösungsmittel zu andern organischen Bildungen verwendbar gemacht wird. Die kleine Zelle ist demnach eine vorübergehende Erscheinung in der Körperwelt des kleinsten Raumes.

In der Pflanzenwelt können wir die todten Zellen sehr leicht von den lebenden unterscheiden, denn todt ist jede vegetabilische Zelle, welche ihren Inhalt völlig verzehrt hat und nur noch Luft führt, also diejenigen Zellen, welche man Mark- oder Borkenzellen nennt; es gehören aber auch diejenigen hierher, welche ihren Inhalt in einen besonderen Stoff umgewandelt haben, der ein ferneres Zellenleben unmöglich macht, wie Harz, ätherisches Oel u. s. w. Da nämlich das Aufhören des physikalisch-chemischen Prozesses in einer Zelle den Tod derselben bedingt, so kann eine solche außer Wechselwirkung gesetzte Zelle nur von ihrer lebendigen Umgebung vor gänzlicher Auflösung zeitweise geschützt werden. Geräth aber eine solche Zelle in die Einflüsse der Atmosphäre, dann fällt sie sogleich der gänzlichen Zerstörung anheim, wie wir dies am Mark- und Kernholze in hohlwerdenden Bäumen, an Kork und Borke sehen. Solche Zellen aber, welche ihren Inhalt in Harz oder ätherisches Oel u. s. w. verwandelt haben, ruhen in völliger Theilnahmlosigkeit an den noch waltenden Prozessen, denn was hier noch als chemische Thätigkeit übrig geblieben ist und fortdauert, ist nur eine allmälige Oxydation des ätherischen Oeles, was die Zelle weiter nichts angeht. — Der Tod

einer Zelle erfolgt zunächst auf Innehalten der Endosmose, wodurch die Zellenmembran außer Function gesetzt wird. Dieses kann geschehen durch große Apposition (Anlagerung von festen Stoffen an die Innenseite der Membran), wodurch diese für den endosmotischen Akt zu dick wird, oder durch Erstarrung, durch Mangel an Flüssigkeit, oder, wie beim Abfallen der Blätter, durch Trennung von der Ernährungsquelle, oder durch Zerreißung der Mutterzelle, wenn ihre neuen Brutzellen austreten. — Von einer solchen todten Zelle wird nun durch die auflösenden Naturkräfte alles Dasjenige aufgelöst, was auflösbar ist; da aber der Stoff, woraus die Zellenmembran gebildet wurde, allen bekannten Auflösungsmitteln widersteht, so wird er von der lebenden Pflanze entweder in eine formlose Materie verwandelt, welche man Visein genannt hat, oder es wird ein rückbildender, organisch-chemischer Prozeß wirksam, wodurch der Membranstoff zunächst in Gallerte, diese in Gummi und dieser endlich in Zucker umgeändert und als solcher dann aufgesogen wird.

Auch bei den thierischen Zellen findet das Absterben zunächst in Aufhebung der Endosmose seine Ursache, indem entweder die Zellenmembran zerreißt, oder ihr die Ernährungsflüssigkeit entzogen, oder in ihrem Inneren ein Stoff bereitet wird, welcher das Zellenleben zum Stillstande bringt. Letzteres sehen wir z. B. recht deutlich an den thierischen Fettzellen; hier verwandelt sich der Inhalt, analog den ätherischen Pflanzenölzellen, in eine Masse, welche die Zellenmembran außer Thätigkeit setzt, indem sie die Endosmose und die physikalisch-chemischen Umwandlungen zu Ruhe

bringt, weil Fett derselben nicht weiter bedarf. Dasselbe erhärtet oft, flacht die Zellen polyedrisch ab, bildet selbst Krystallisationen, indem es oxydirt, Sauerstoff aufnimmt und Margarinsäure bildet, was alles ohne Zuthun der Zellenmembran geschieht. War noch ein Kern vorhanden, dann wird er verdrängt und bleibt seitwärts als ein todtes Residuum liegen. Auch die sogenannten Pigmentzellen sind, da sie in ihrem Inneren einen Farbestoff anhäufen, welcher die innere Fortbildung der Zelle beschränkt, sehr häufig nur noch als abgestorbene Zellen zu betrachten. Solche Zellen, welche als fortpflanzungsthätige Mutterzellen platzen, um die Töchterzellen frei zu lassen, kommen selten im Organismus vor, dagegen aber solche Zellen, die durch Abschneidung ihrer Ernährungsquelle sterben, finden wir z. B. an allen Hautoberflächen, wo die äußere und die Schleimhaut sich dadurch mausern, daß sie die obersten Zellenschichten fortwährend abstoßen, um neue Schichten nachzuschieben. Unsere äußere Haut schuppt deshalb fortwährend solche an der Luft vertrocknete Epidermiszellen ab, unsere Schleimhäute stoßen sie mit der Schleimabsonderung fort und wenn wir ein Tröpfchen Speichel mit Mundschleim vermengt mikroskopisch untersuchen, so sehen wir unzählige Epitheliumzellen dazwischen, die sich, wie Figur 59 darstellt, zu erkennen geben.

Fig. 59.

Die thierische Zelle aber, welche zur Bildung eines Gewebes dient, das nicht die Form als Zellenmultiplication beibehält, sondern

als Röhren-, Faser- oder complicirteres System auftritt, stirbt nur in ihrer Formbedeutung als geschlossene Zelle ab, liefert aber ihr lebendiges Material an den Bildungsplan des Organismus ab, um als Theil einer neuen Form mitzuwirken, indem solche Zelle ihre lebende Membran zur Combination anderer Gebilde abgiebt.

Haben wir die Zelle nun als ein Einzelwesen in seinem Entwicklungs- und Lebenscyclus kennen lernen, so werfen wir unseren Blick jetzt über das Leben der Zellen im Zusammenhange mit anderen. Das Leben der einzelnen Zelle muß nothwendig modificirt werden, wenn es mit anderen Zellen in engeren Zusammenhang tritt. Es ist überhaupt im Organismus höherer Pflanzen und Thiere sehr schwierig, das isolirte Zellenleben rein für sich anzuschauen, indem wir hier immer das Leben im Zusammenhange mit anderen Zellen antreffen und die Einwirkungen dieses Zusammenhanges auf das einzelne Zellchen nicht ausbleiben können.

Im Pflanzenreiche weiß man, daß, wenn Zellen neben einander liegen und sich unmittelbar berühren, immer ein Theil ihrer Wandung von der ernährenden Flüssigkeit abgesperrt wird, sie also an solchen Stellen nur aus der Nebenwand der anderen Zelle ihre nöthige Flüssigkeit endosmotisch anziehen können, also durch zwei Membranen, von denen die eine den Strom nach Außen, die andere nach Innen führt. Die aus anderen Zellen entnommene Flüssigkeit ist aber nicht mehr der reine, ursprüngliche Bildungsstoff, er ist bereits durch eine Zelle gegangen, hat deren Assimilation erfahren und ist deswegen verändert. Es leben also viele Zellen, welche

ganz von anderen eingeschlossen werden, gar nicht mehr von Wasserzersetzung und Fixirung der Kohlensäure, nicht mehr von roher Nahrungsflüssigkeit, sondern von bereits durch andere Zellen assimilirtem Stoffe. Wenn deshalb in diesen zusammenhängenden Zellen eine nicht wesentliche Modification bedingt wird, so muß diese aber auch noch dadurch vermittelt werden, daß ein Theil oberflächlich liegender Zellen stets in Berührung mit der atmosphärischen Luft tritt, was zur Folge hat, daß das Wasser, je nach Maßgabe der Wärme, Trockenheit oder Bewegung, aus der Zelle verdunstet (wogegen die Natur zwar in einigen Pflanzen aus besonderen Zwecken die oberflächlich liegenden Zellen durch Bildung wachsartiger Stoffe geschützt hat), die Zellenflüssigkeit dadurch consistenter gemacht und verringert wird, während gleichzeitig aus der Atmosphäre Gase, namentlich Kohlensäure, Ammoniak und auch wol Sauerstoff in die Zelle eintreten. Dieser Akt des Zellenlebens wird noch dadurch interessant, daß die mit der Luft in Berührung stehenden Zellen auf diese Weise den nothwendigen Ersatz an Kohlensäure und Ammoniak erhalten, den ihnen die nur von der inneren Seite zuströmende Ernährungsflüssigkeit nicht darbieten kann. Da sie aber ihr Wasser an die Luft abgeben, so verdichten sie wieder ihre Säfte, wodurch die Endosmose neu angeregt wird, indem dichtere Flüssigkeiten die dünneren durch die Zellenmembran stark anziehen. Da aber der Zellensaft von Innen heraus durch alle Zellen Wand an Wand fortwandelt und dabei die im Wasser aufgelösten Salze, welche von den Zellen nicht chemisch verwandelt worden sind, mit sich weiter führt, so müssen diese anorganischen Stoffe sich auch in

den oberflächlichen Zellen, welche Blätter oder grüne Rinde bilden, ansammeln, und daß sie auch reich daran sind, erkennt man schon aus dem großen Gehalte von Asche, den die Blätter beim Verbrennen zurücklassen.

Das Aneinanderliegen und Zusammenleben der Pflanzenzellen vermittelt die Entstehung von Schicht- und Spiralbildungen und die von Luftblasen veranlaßten Poren. — Ebenso aber, wie das Zusammenleben auf Modification der Ernährung und Bildung Einfluß übt, äußert sich dasselbe auch auf die Secretion der Zelle. Die festeren Secrete erhalten durch das Zusammenliegen der kleinen Zellenkörper gewisse raumentsprechende Formen, die sie in der einzelnen Zelle nicht erhalten würden, wie z. B. die Intercellularsubstanz, die von der Oberhaut abgesonderten Stoffe, die Gallerthüllen vieler Algen, die oft, wie bei der endivienartigen Borstenalge Chätophora, die Gestalt der ganzen Pflanze bestimmen, oder sie doch überziehen, wie bei Nostoc, Rivularia ꝛc. Auch die Hülle der Sporen- und Pollenzellen geben diesen an sich einfachen Zellen die verschiedensten Formen, z. B. warzige, stachlichte, mathematisch eingetheilte Oberflächen ꝛc.

In zusammenhängenden Zellengruppen können selbst einzelne Zellen schon abgestorben sein und doch noch dem Zusammenhange und somit der ganzen Pflanze dienen, wie es z. B. bei den sogenannten Gefäßen der Fall ist, welche ganz passiv sich verhaltende Zellenbildungen sind und zeitweise nützen, den im Frühjahre aufsteigenden Saftüberschuß aufzunehmen. So sehen wir den Dienst todter Zellen ja ebenfalls an jenen, welche bestimmte, spezifische Stoffe, wie Harze, ätherische Oele, einschließen. — Es ist nicht der Fall,

daß alle Zellen eines gemeinschaftlichen Gewebes auch sämmtlich gleiche Functionen haben. Oft schließt ein Gewebe die verschiedenartigsten Zellen ein und diese verfolgen trotz der engen Verbindung, immer aber zum Zwecke des Ganzen, verschiedene eigene Lebensfunctionen.

Im Thiere ist das Zusammenleben der Zellen ein ganz anderes, als in der Pflanze. Hier werden durch die verwickelteren Complicationen der Bildung so mannichfaltig modificirte Zustände der Form und der Function verursacht, daß man nicht mehr von einem Nebeneinanderleben der Zellen reden darf, sondern ein wahrhaftes Leben der Zellen durch einander stattfindet. Hier verändert die ursprüngliche Zelle so sehr ihre erste Form, daß sie aus ihrem Zusammenhange mit dem Ganzen oft kaum auf ihren formellen Ursprung zurückzuführen ist, und nur wenige Zellen gruppiren sich so neben einander, daß sie noch als gemeinschaftliches Zellenleben betrachtet werden dürfen. Es ist dem Zwecke des Thierlebens nicht genügend, daß die Zellen sich neben einander gegenseitig modificiren, sondern es geht das Leben der einzelnen Zelle als Factor im Ganzen eines Gewebes auf, welches ein ganz anderes, als nur eine Combination von Zellen wurde. Die Zellen, welche im Thiere *neben einander* vorkommen, sind entweder schwebende, ganz selbstständige Zellen, wie sie in den thierischen Flüssigkeiten vorkommen, oder sie sind so peripherischer Bedeutung, daß sie nur die untergeordnete Rolle eines Flächenschutzes erfüllen und immer im Neubilden und Abstoßen begriffen sind (z. B. Epidermis- und Epitheliumzelle), oder sie werden Behälter für Secrete und Schichtbildungen, wo sie relativ todt nur noch

passiv dem Ganzen dienen (z. B. Fettzellen oder im verknöcherten Knorpel) oder sie erstarren und werden, spezifische Stoffe in sich tragend, nach Außen zur Abnutzung vorgeschoben (die Haare und die Hornbildung). Wo sie aber, wie in den thierischen Nervenganglien, als Zellen mit activer, innerer Lebensbedeutung vorkommen, da führen sie ein geheimnißvolles Leben und in ihnen entsteht eine besondere Kraft, die wir Nervenkraft nennen, deren Erscheinungen und Gesetze wir theilweise erkannten, ohne ihrem Wesen dadurch den Schleier des Mysteriums entziehen zu können.

Somit hätten wir das Leben der organischen Zelle im Allgemeinen betrachtet. Im kleinsten Raume der organischen Natur treffen wir, in Gestalt und Lebensäußerung eines äußerst kleinen, sphärischen Körpers, die Ursachen und Erklärungen für alle wunderbaren Erscheinungen im Großen, welche Pflanzen und Thiere darbieten. — Mit diesen Vorbegriffen wird uns die weitere Beobachtung dieser Zellen, namentlich ihr Vorkommen und ihre Bedeutung an den Orten, wo das profane Auge sie nicht suchte und der unbewaffnete Sinn nicht voraussetzte, mit doppeltem Interesse fesseln. Wir wollen mit dem Mikroskope jetzt Wanderungen durch die kleinsten Räume der organischen Natur antreten und wo wir den Zellengestalten und ihren Functionen begegnen, wird unsere Frage an ihr Dasein, dessen Zweck und Eigenthümlichkeit eine um so verständlichere Antwort erhalten, als wir die große Rolle zu würdigen vermochten, welche das Zellenleben in seinen formellen wie functionellen Modificationen im kleinsten Raume zu spielen berufen ist. Die Wissenschaft von den Körpern in der Natur ist eigentlich erst

ein Wissen geworden und hat den Glauben verdrängt, seit man die Geschichte der Entwicklung der Naturobjekte zu erkennen begann; diese aber führte bald das bewaffnete Auge in den kleinsten Raum und wies hier überall auf die Zelle als Urphänomen des organischen Lebens hin. Und damit wurde denn auch der jahrhundertlange müßige Streit schnell beseitigt, ob alle Wesen aus Samen oder Eiern oder durch jedesmalige Urzeugung, durch wiederholten Schöpfungsakt entständen. — Das Ja oder Nein dieser, wie gesagt, müßigen Frage hat nicht sowol Naturphilosophen wie Forscher auf das Eifrigste beschäftigt, man brachte von beiden Seiten die scharfsinnigsten Beweise und die mühsamsten Resultate zusammen, aber man kannte das wahre, erklärende Objekt und seine Universalität im organischen Leben nicht. Ueberall führt uns die Entwicklungsgeschichte auf die Urzelle zurück und die alte Streitfrage über die Generatio aequivoca oder ex ovo würde nach unserem jetzigen Standpunkte der mikroskopischen Einsicht in die Natur nicht anders heißen, als: kann eine Zelle selbstständig entstehen, ohne Tochterzelle einer Mutterzelle zu sein?

Daß dieses der Fall ist, kann nicht geleugnet werden, denn es entstehen Zellen in einer organischen Flüssigkeit, in welcher vorher keine Zellen wahrgenommen werden konnten. Wo die Bildungsflüssigkeit die Bedingungen zur Entstehung eines Kerns giebt, da muß auch die Zellenmembran um denselben sich bilden. Wo aber die Natur schon Zellen dargeboten hat, in Form von Sporen oder Eiern, da zieht sie es vor, dem allgemeiner verbreiteten Gesetze der endogenen Zellenbildung (Zellen in Zellen) zu folgen, und wir sehen des-

halb überall, wo selbstständige Organismen entstehen, mögen sie, wie die Protococcuspflanze oder das Monasthierchen, sich durch Nichts von einer einfachen Urzelle unterscheiden, oder der höheren, complizirter gebildeten Pflanzen- und Thierordnung angehören, solche Organismen immer aus Zellen hervorgehen, so daß alle derartigen Beobachtungen den Satz: „omne vivum e cellula" bestätigen. Nur da, wo Zellen innerhalb eines schon entstandenen Organismus aus dessen Bildungsflüssigkeit entstehen, um nicht neue Organismen, sondern nur Theile des alten Organismus zu werden, wo die Zelle sich in das Gewebe desselben hineinbildet, da kommt es, namentlich im höheren Thierleben, vor, daß Zellen unmittelbar aus der Urflüssigkeit neben anderen Zellen sich wie Krystalle einer organischen Mutterlauge gestalten. Wir müssen aber bei einer genauen Begriffsbestimmung das Schaffen und Zeugen unterscheiden. Auch die Entstehung der Urzelle ist nur eine Zeugung, keine Schöpfung, denn die vorhandene Mutterlauge der anorganischen, und die ebenfalls vorhandene Bildungsflüssigkeit der organischen Natur besitzen schon die physikalisch-chemischen Bedingungen zur Gestaltung in sich, die in ihrer mathematischen Form einem gedankenhaften Vorbilde folgt, welches über allen Stoffverbindungen schwebt und jeder chemischen Bewegung der Atome die Formbildung abzwingt. Krystall und Zelle sind deshalb mehr als Educte, denn als Producte der jedesmaligen chemischen Stoffcombination zu betrachten. —

Blicken wir noch einmal auf das Zellenleben im Allgemeinen zurück, so finden wir in ihm die Urphänomene aller

organischen Geschöpfentwicklungen im Pflanzen- und Thierreiche. — Bei den ersteren ist es besonders recht deutlich von der Natur darauf angelegt, den ganzen Lebensprozeß einer Pflanze aus dem Leben der einzelnen kleinen Zellchen hervorgehen zu lassen. Die einfachsten Pflanzen bestehen nur aus einer einzigen Zelle, die höheren Pflanzen sind nur Zusammensetzungen einer Menge einzelner Zellen, bei den niederen Pflanzen, welche man Kryptogamen nennt, weil man früher ihre undeutlichen oder versteckten Befruchtungs- und Fortpflanzungsorgane nicht kannte, genügt eine einzige Sporenzelle, wie bei Algen und Pilzen, eine ganz neue, gleiche Pflanze aus sich hervorgehen zu lassen, so daß also das Leben derselben schon in der einzelnen Zelle schlummernd vorhanden lag und nur unter physikalischen Einflüssen erwachte; desgleichen löst sich bei vielen Moosen eine einzelne Zelle aus dem Zusammenhange der Pflanze ab, um selbstständig wieder eine vollständige Moospflanze zu werden und selbst bei höheren Pflanzen, wie z. B. bei Marchantia polymorpha (dem Leberkraute) oder bei Gymnocephalus, löst sich eine Zelle (oder mehrere derselben) aus dem Zusammenhange eines Blattes, um ein neues, selbstständiges Leben zu beginnen. Diesem analog verhält es sich auch bei denjenigen complicirter gebauten Pflanzen, welche man Phanerogamen genannt hat, weil sie offenbare Befruchtungsorgane in ihren Blüthen haben. Hier hat die Natur nur die Anordnung getroffen, daß besondere Zellengruppen in dem Fruchtbehälter der Blüthe die Fähigkeit erhalten, sich von der Mutterpflanze zu trennen und als Samenkörner (eine Gruppe von Zellen, welche von einer schützenden Decke umgeben sind) ihr eigenes Leben zu

beginnen. — Auch bei den Thieren ist die Entwicklungs- und Fortpflanzungsgeschichte nichts anderes, als eine Geschichte des Zellenlebens. — Jedes Thier entsteht aus Eiern (Zellen), mögen sich dieselben in einem besonderen Organe (Eierstock) spezifisch gestalten und vorbereiten, oder mag das Thier, wie manches Infusorium, eine Zelle oder eine Gruppe derselben sein und durch Selbsttheilung eine oder mehrere Zellen aus dem Zusammenhange treten lassen, um ein selbstständiges Leben anzufangen und ein neues Thier zu verwirklichen. Alles Wachsen und Fortentwickeln der Thiere ist nichts anderes, als Zellenvermehrung und Zellenfortbildung zu den aus der Hohlkugel und ihrem Kerne mathematisch bedingten Formen, als Faser, Röhre ꝛc.

Diese große Lebensbedeutung der Zelle, als erstes und nächstes Organ des Lebens, charakterisirt nun auch den Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren. Die Zelle ist das wahrhafte Material der Formentwicklung, sie ist wesentliches Element der Pflanze und deshalb hat die Natur auch im gesammten Pflanzenleben nur die Formbildung, den Bildungstrieb, zum ersten und letzten Zwecke ihrer Thätigkeit, während bei den Thieren die Natur darüber hinausgeht, um das organische Leben in allen möglichen Richtungen zur Erscheinung zu bringen. Während die unorganische Welt der Mineralien nur allein den chemisch-physikalischen Gesetzen und der mathematischen Bestimmung des Winkels folgt, der ihre Formverschiedenheiten bestimmt, tritt zuerst in der Pflanzenwelt die Lebenskraft, der Bildungstrieb, welcher in der mineralischen Welt noch schlief, in seine erste Thätigkeit ein. Die Natur schuf die Zelle, diesen vollkom-

menſten mathematiſchen Körper, der, wenn auch einfach in ſeiner Grundform, doch der mannichfaltigſten Combination fähig iſt und die bunteſte Formverſchiedenheit zu verwirklichen vermag. Es ſcheint faſt, als ob die Natur mit beſonderer Luſt ſich in dem Spiele der bunteſten und mannichfaltigſten Zuſammenſtellung der Zelle gefalle und nur ſchaffe und bilde, um alle Möglichkeiten dieſer beinahe launigen Combinationen in der Pflanzenwelt darzuſtellen. Sie will nur bilden, nur formen und eine ſchöne Mannichfaltigkeit darſtellen. Aber in der Schöpfung der Thierwelt ſcheint die Natur, ſo zu ſagen, zur Beſinnung des Nützlichen und Nothwendigen gekommen zu ſein. — Form, Schönheit und Bildungslaune werden hier unter das Geſetz des Nothwendigen zu höheren Zwecken geſtellt. In der Pflanzenwelt bildete die Natur Alles zur Schau, nach Außen hin, in der Thierwelt verbarg ſie ihre höheren Lebenszwecke in das Innere der Organismen, die ihre wichtigſten Lebenswerkzeuge umhüllen und ſie nur durch ihre Functionen verrathen. Die äußere Form iſt jederzeit dem beſonderen Lebenszwecke untergeordnet. Mag die Pflanze im Waſſer oder auf feſtem, trocknen Boden wachſen, ſie vermag überall, da ſie überall aus Zellen beſteht, mit dieſen ſich zu nähren und zu athmen; hat die Natur in ihrer Bildungslaune Pflanzen geſchaffen, welche keine Blätter haben, ſo athmen ſie durch den Stamm — bei den Thieren findet eine ſolche auf Gleichartigkeit aller Theile gegründete Rollenverwechſelung nicht Statt, bei ihnen hat die Natur den Zweck, völlig in ſich abgeſchloſſene Individuen zu ſchaffen, deshalb legte ſie die möglichſt gleichartigen und gleichbedeutenden Gewebe nach Außen, und die wichtigeren,

differenzirteren Organe nach Innen — deshalb wurde jegliche Gesammtform der Thiere immer abhängig von einem jedesmaligen Lebenszwecke, und wenn die Natur ein Säugethier für das Leben im Wasser bestimmte, so gab sie ihm auch eine den Fischen entsprechende Form. — Diesem Zwecke individueller Abgeschlossenheit dient auch der Bildungstrieb, er strebt so rasch als möglich die Form für den Zweck zu vollenden, um dann diesem Zwecke mit allen seinen Lebenswirkungen sich unterzuordnen, während bei den Pflanzen der Bildungstrieb immer und ununterbrochen in voller Thätigkeit bleibt, die Pflanze eigentlich niemals zur festen, fertigen Abgeschlossenheit der Form gelangt, sondern immer nur einen Theil ihres Lebens repräsentirt, indem sie nur für den Augenblick gerade diejenigen Organe bildet, welche eben jetzt nothwendig zum Leben sind, dann diese abwirft, um neue, für die nächste Zeit wichtige Organe zu entwickeln. So entstehen Blätter, welche abfallen, so Blüthen und Frucht, welche welken — niemals ist die Pflanze gleichzeitig in allen Theilen ihres Ganzen (wie das Thier) im Raume ausgeprägt, nur nacheinander stellt sie ihre einzelnen Theile in der Erscheinung dar, wie vorüberziehende Ansichten einer großen Gesammtlandschaft im Panorama.

Und während die Pflanzenzelle elementarisch die ganze Pflanze in ihren Lebenserscheinungen durchdringt, überall, an jedem Punkte das Leben nichts anderes als Zellenleben ist, ist bei den Thieren das Elementarorgan, die Zelle, nicht mehr selbstständig geblieben, sondern im Ganzen aufgegangen, gilt nicht mehr für sich, sondern nur im Zusammenhange, im Dienste des ganzen Individuum; die Zellen ver-

wandelten sich in ihrer gemeinschaftlichen Fortbildung zu Geweben, diese bilden wieder Organe und die Lebensäußerung kommt nicht mehr dem einzelnen Zellchen, sondern dem ganzen Gewebe und Organe zu.

Es fragt sich aber nun, ob diese strenge Grenze zwischen Thier und Pflanze auch in den kleinsten Räumen gilt, wo das mikroskopische Thierchen nur einer einzigen Zelle gleicht, und viele Pflanzen ebenfalls nur eine isolirte Zelle darstellen? Wie unterscheiden sich hier zwei Zellen, welche beide mit scheinbar gleicher, willkürlicher Bewegung im Tröpfchen Wasser schwimmen, das unter ein Mikroskop gebracht wurde, als Thier oder Pflanze von einander? Sollte es hier eine unbestimmte Grenze im kleinsten Raume geben, wo die Natur, zwischen Pflanzen- und Thierleben schwankend, bald das Eine oder Andere in einer und derselben Zelle wäre, oder wo die thierische Natur in allmäliger Abstufung nur noch isolirtes Zellenleben sei, wie dasselbe charakteristisch für die Pflanzennatur ist? —

Es hat allerdings eine lange Zeit in der Wissenschaft gegeben, wo man nach dem ersten Eintritte in die Welt des kleinsten Raumes nicht immer wußte, ob man ein Thier oder eine Pflanze vor sich habe, wie es noch heutigen Tages nicht entschieden ist, ob die im männlichen Samen der Menschen und Thiere befindlichen sogenannten Samenthierchen (vergl. Fig. 50) wirklich selbstständige Thiere sind oder nur die Bedeutung von jenen Zellchen mit Wimperfäden haben, welche man Flimmerzellen nennt (vergl. Fig. 47) und die nur als Elementargebilde des Organismus, der sie hervorbringt, Bedeutung haben. Nehmen wir z. B. eines

jener zweifelhaften Wesen, Closterium Fig. 60 a, halten wir dagegen ein Exemplar von Protococcus viridis b, welches eine unzweifelhafte Pflanze ist, und andererseits ein Exemplar von Monas c, welches wiederum unzweifelhaft ein Thier ist, so wird es immer noch seine Schwierigkeiten ha-

Fig. 60.

ben, zu bestimmen, ob Closterium zu der rechten oder linken Seite mitgezählt werden müsse. Dasselbe pflanzt sich durch Selbsttheilung fort, was auch thierische Zellen thun, aber es führt wiederum ein pflanzliches Zellenleben und hierher gehören noch mehrere solcher sogenannter Stabthierchen, die in diesem Lehrbuche als Pflanzen, in einem anderen als Thiere systematisch aufgeführt sind. — Beispiele der Art sind in Fig. 61 dargestellt, und zwar ist a Staurastrum paradoxum, b Echinella ricciaeformis, c Micrasterias Bo-

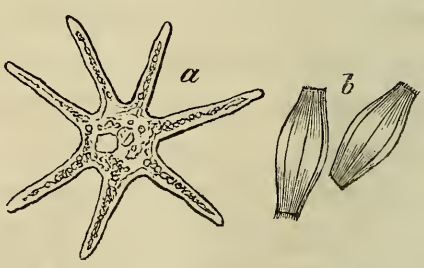


Fig. 61.

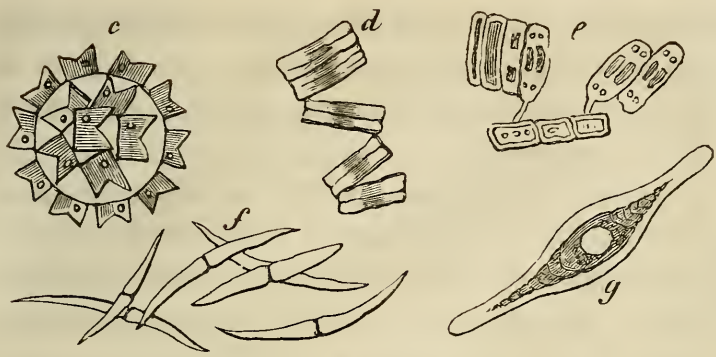


Fig. 61.

ryana, d Diatoma vulgare, e Achnanthes brevipes, f Frustulia acuta, g Closterium acus.

Es gilt aber in allen solchen zweifelhaften Fällen für ein charakteristisches Merkmal der thierischen Natur, daß alle Thiere einen Magen, also ein innerliches Ernährungsorgan besitzen, was dem vorhin theoretisch ausgesprochenen Grundsatze analog ist, daß nämlich die Pflanze ihre wichtigsten Organe nach Außen hervorbildet, während das Thier dieselben nach Innen biegt. Ueberall da, wo eine äußere Oberfläche, und wäre es auch ein Theil von der peripherischen Membran einer isolirt lebenden Zelle, sich nach Innen kehrt, um hier eine wichtige Function, nämlich die Ernährung zu übernehmen, da ist die erste Andeutung eines Magens und somit der Ausdruck der thierischen Natur ausgedrückt. Man darf aber das erste Auftreten eines Magens nicht von den vollendeten Formen höherer Thiere sinnlich ableiten, denken wir uns vielmehr eine Zelle a

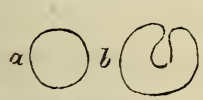


Fig. 62.

(Fig. 62), welche einen Theil ihrer äußeren Oberfläche nach Innen einstülpt und dadurch (wie in b) zu einer inneren

Fläche macht, so ist damit die thierische Natur ausgedrückt, es ist ein inneres Organ, das höchst wahrscheinlich die Nahrungsaufnahme allein vertritt, gegeben und damit das Thier repräsentirt.

So hielt man bis etwa zur Mitte des vorigen Jahrhunderts die Korallen für Pflanzen, weil ihre äußere Gestalt, Stamm und vermeintlichen Blüthen einer Pflanze täuschend gleichen. Man entdeckte aber endlich, daß jene sogenannten Blüthen wirklich Thiere sind mit willkürlicher Bewegung. Nicht so offenbar zeigt sich die thierische Natur überall. Eine Einstülpung eines oberflächlichen Theiles nach Innen haben wir vorhin einen Magen genannt, und wenn wir uns noch einmal Fig. 62 b vor Augen führen, so erscheint der Eingang in die eingestülpte Höhle wie ein Mund. Obgleich wir diesen nun auch bei vielen mikroskopischen Thieren finden, so ist er doch nicht überall, namentlich nicht bei mikroskopischen Eingeweidethieren, zu erkennen und der Mund ist deshalb kein durchschlagendes Charakterzeichen thierischer Natur. So findet sich z. B. im Darmkanale der Frösche ein transparentes, nicht sehr kleines Infusionsthierchen, Opalina genannt, das sich mit willkürlicher Bewegung in den Flüssigkeiten des Darms umhertummelt und beistehende Gestalt hat. Fig. 63 zeigt seine Leibesform in zwei verschiedenen Lagen.

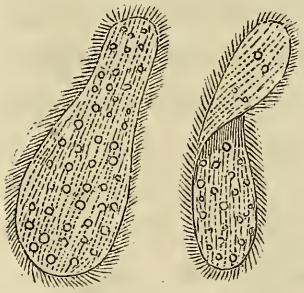


Fig. 63.

An diesem Geschöpfchen ist auch nicht eine Spur von Mundöffnung zu entdecken, es saugt, wie die Pflanzenzelle,

die Nahrungsstoffe endosmotisch durch die äußere Oberfläche des Körpers auf, aber hier tritt doch das charakteristische Merkmal des Thierlebens auf, was wir bei keiner Pflanzenzelle finden, nämlich der Magen. Jene kleinen Zellen, welche wir bei diesem hier in bedeutender Vergrößerung gezeichneten durchsichtigen Thierchen erblicken, sind Magenzellen ohne Mundöffnung nach Außen, die endosmotisch aufgenommene Flüssigkeit sammelt sich in diesen Zellchen an und wird hier assimilirt. Es giebt viele solcher auch in freien Gewässern lebenden Infusionsthierchen, welche ohne Mundöffnung mit mehreren Magenblasen leben, man nennt sie Polygastrica (Thiere mit vielen Mägen) und diese Zellchen im Inneren ihres Leibes communiciren oft mit einander durch zarte Hohlfädchen. Daß diese Zellen aber wirklich Magenblasen sind, bestätigt sich dadurch, daß, wenn man die Flüssigkeit, worin solche Thiere leben, mit Farbestoffen färbt, etwa mit Carmin und Indigo, diese kleinen Blasen sich regelmäßig roth oder grün färben, während der übrige Leib durchsichtig, glashell bleibt. Das in früheren Zeiten aufgestellte Unterscheidungszeichen zwischen Thier und Pflanze, nämlich die willkürliche Bewegung der ersteren — ist bei den neueren Erfahrungen durchaus nicht stichhaltig geblieben. Thiere, welche, wie die Korallen, pflanzengleich fest an den Boden geheftet sind und Zeit des Lebens ihren Ort nicht verändern, wie wir dergleichen festgewurzelte Thiere häufig im Meere an Felsenriffen und im Grunde finden, zeigen doch in einzelnen Gliedern eine willkürliche Bewegung, sie öffnen und schließen ihre Kelche, ihre Fangwerkzeuge, und greifen damit nach zufällig in ihre Nähe gera-

thener Beute. Diese freiwillige Bewegung ist aber sehr schwer von jener neuentdeckten Bewegung zu unterscheiden, welche auch wirkliche Pflanzen offenbaren, wo freilich von keiner Willkür die Rede sein kann, aber die Bewegungen selbst sich ebenso wie bei Thieren darstellen. So haben wir bereits solche Bewegungen von Pflanzenzellen namhaft gemacht, so verweisen wir auf die große Anzahl von Conferven (Wasserfäden), deren Sporen (Keimzellen) sich im Wasser ganz so bewegen, wie ähnliche Infusionsthierchen. Es entwickeln sich z. B. im Inneren einer Conferve, wie Fig. 64 stark

Fig. 64.

vergrößert darstellt, mehrere Gruppen grüner Körner (Sporen), welche von Zeit zu Zeit die Schlauchhülle wie in a durchbrechen und dann sich im Wasser umhertummeln ganz wie Infusionsthierchen. Aber nach einiger Zeit suchen sie einen Anheftungspunkt und wachsen zu wahren Wasserfäden aus. In b ist eine solche Spore in ganz bedeutender Vergrößerung abgebildet, man erkennt in ihrer Mitte einen Zellenkern, an ihrem schmaleren Ende zwei Bewegungsfädchen (Wimpern), und wenn ein profanes Auge diese Gestalt mit Munterkeit im Tröpfchen Wasser sich umhertummeln sähe, so würde es kaum daran zweifeln, ein Thier vor sich u haben, während es doch nur eine Pflanzenzelle ist. So

bietet auch unser gewöhnlicher Badeschwamm ein lehrreiches Beispiel jener Naturwesen dar, welche man auf die früher vermeintliche ungewisse Grenzlinie zwischen Thier und Pflanze versetzte. Unter dem Mikroskope zeigt sich der Badeschwamm, welcher in dem Meere am Boden als poröses, knolliges Gewächs festsitzt, als eine Masse, welche aus kalkigen und kieseligen Röhren besteht, die netzartig mit einander verbunden und mit gallertartiger Materie überzogen sind. Durch kleine Poren an der äußeren Fläche dringt Wasser ein, das durch größere Oeffnungen strahlend wieder abfließt, mit welchem zu Zeiten kleine Keimkörner ausgestoßen werden, die eine runde oder eiförmige Gestalt haben, mit feinen Wimperhaaren besetzt sind und sich eine Zeit lang im Wasser lebhaft bewegen, bis sie sich irgendwo festsetzen und wieder neue Schwämme bilden. Der Schwamm verräth weder Empfindung noch Bewegung und man ist wirklich heute noch nicht im Klaren darüber, ob derselbe Thier oder Pflanze vorstellt, da er seiner chemischen Zusammensetzung nach eine ganz thierische Substanz verräth, doch aber wieder in seinen Keimkörnern deutlich Stärkemehl enthält.

Gleich der Bewegung ist auch die Empfindung von äußeren Eindrücken kein Unterscheidungszeichen mehr zwischen Wesen, welche auf der Grenze beider organischer Naturreiche stehen, seit man entdeckt hat, daß Pflanzen ebenfalls Sensibilität besitzen, wie wir das bereits als Erfühlungsvermögen (Perception) der Pflanzenzellen bewiesen haben. — Auf gewisse Reize äußern Pflanzen oft eine zuckende Bewegung, oft in Theilen, welche vom Punkte des Reizes entfernt liegen; bei den Thieren ist aber ein Vermö-

gen vorhanden, welches keine Pflanze besitzt, nämlich die freiwillige Zusammenziehung der äußeren Hülle, die als contractiles Gewebe erscheint, das unter dem Einflusse des Willens steht und wodurch das Thier des kleinsten Raumes, mag es nur als einfache Zelle erscheinen, fähig ist, seine Körperumrisse zu verändern, sich rund zusammenzuziehen und lang auszustrecken, ohne Einwirkung einer äußeren Gewalt, während die Pflanzenzellen dagegen mit einer zwar elastischen, aber doch starren Hülle umkleidet sind, die nur auf äußere mechanische Einflüsse ihre ursprüngliche Gestalt zu verändern vermag, wie z. B. eine runde Zelle dadurch sechs- oder zwölfflächig gedrückt wird.

Somit hätten wir denn, trotz aller schwankenden Erscheinungen auf der Grenze zwischen beiden organischen Sphären der Natur, zwei sichere Merkmale für den Charakter des Thieres — nämlich den Magen und die Contractilität der Oberfläche ohne Zuthun äußerer Einflüsse als Willensakt. — Hieran festhaltend, werden wir in späteren Wanderungen durch das Gebiet der Körper im kleinsten Raume immer einen Compaß zur Hand haben, wenn wir zweifelhaft sein sollten, über die Grenze hinaus in das Pflanzenreich gelangt zu sein, während wir ausgegangen wären, nach Thieren zu suchen. —

Vierter Brief.

Die in den vorhergehenden Briefen verständlich gemachten Vorbegriffe nebst ihren beweisführenden Thatsachen haben uns jetzt hinlänglich ausgerüstet, um, mit dem Mikroskope bewaffnet, Wanderungen durch die kleinsten Räume der Natur zu machen, die wunderbaren Gestalten, welche dem uneingeweihten Auge ewig fremd bleiben, aufzusuchen und in ihnen die vom Leben angelegten kleinen Werkzeuge für die Erscheinungen im Großen zu erkennen. — So mannichfaltig auch diese Formen der mikroskopischen Welt organischer Wesen vor unseren Sinnen auftauchen mögen, immer wird die mathematische Construction auf die kleine Urzelle zurückweisen und immer werden die Lebensäußerungen derselben, wenn auch modificirt, in den fortgebildeten Formen der Hohlkugel und ihres festen Kerns sich wiederholen.

Um unseren nunmehr anzutretenden Wanderungen eine bestimmte Reiseroute zu geben, welche uns durch die interessantesten Gebiete der kleinsten Räume führt, wollen wir zunächst noch einmal den Organismus der

Pflanzen durchblicken, um hier diejenigen Objecte zu suchen, welche einer besonderen Aufmerksamkeit werth sind oder welche zur Lebenserscheinung der ganzen Pflanze beitragen; dann werden wir die feinsten Theile des thierischen Organismus betrachten, um hier die mannichfaltigen Modificationen und fortgebildeten Formen der Urzelle wiederzufinden. Ist uns auf diesem Wege der pflanzliche und thierische Organismus sowol in seinen feineren Bestandtheilen als auch in den verschiedenen Weisen seiner formellen Anlage zur Fortpflanzung bekannt geworden, dann lade ich meine Begleiter zu Excursionen in die freie Natur ein, um hier durch die Gefilde der mikroskopischen Pflanzen und Thiere zu lustwandeln, denen das Wassertröpfchen ein Ocean, das Sandkorn ein Welttheil ist.

Im pflanzlichen Organismus, der nur als Summa des Nebeneinanderlebens von Zellen erscheint, hat man eigentlich mit der genauen Bekanntschaft *einer* Zelle den ganzen Organismus kennen gelernt. Die Verschiedenheit der Formen bietet nichts Neues dar, doch treffen wir auch auf Zellen, die uns durch ihren Inhalt interessiren, und dann auch auf Zellengruppirungen, welche in ihrem Lagerungsverhältnisse eine Bedeutung für Leben und äußere Erscheinung der Pflanze erhalten. —

Zunächst ist es der *Zelleninhalt*, welcher diese oder jene Pflanzenzelle zum besonderen Gegenstande der Aufmerksamkeit macht. Nicht selten finden wir Zellen, welche statt eines Kerns und flüssigen Inhaltes *hübsche Krystalle* einschließen, die sich in starker Vergrößerung so darstellen, wie Fig. 65 zeigt.

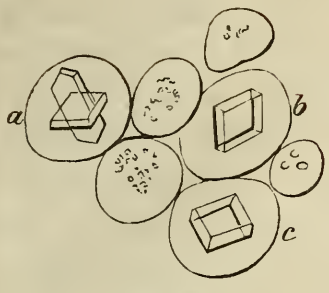


Fig. 65.

Vergleicht man die Zellen a b c miteinander, so wird man bald erkennen, daß die darin befindlichen Krystalle ganz verschiedenen Axensystemen angehören, also auch aus verschiedenen Verbindungen von Salzen und Säuren bestehen müssen, wie dies im zweiten Briefe weiter entwickelt wurde. — Die Pflanzen nehmen außer dem Wasser- und Sauerstoff, als den näheren Bestandtheilen aller Vegetabilien, auch Stickstoff auf, welcher mit den beiden ebengenannten manche Stoffe bilden hilft, die für das Pflanzenleben wichtig sind. Aber auch Schwefel- und Phosphorsäure, Chlor, Jod und Brom, Kieselerde, Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Alaun, Eisen, Kupfer und Manganum finden wir vor, und eine alte Volkssage, welche aber die Wissenschaft nicht gelten läßt, wollte sogar dem Lindenholze einen Goldgehalt zusprechen. —

Die Schwefel- und Phosphorsäure ist in der Pflanzenwelt sehr verbreitet; so enthalten alle Gräser einen bedeutenden Antheil von Phosphorsäure, was auch dadurch interessant wird, daß Phosphorsäure, mit Kalk verbunden, die Knochenmasse fest macht, was auch bei den Halmpflanzen, welche in ihrem Schafte viel Phosphorsäure enthalten und, wie z. B. Weizen, am besten auf Kalkboden wachsen, analog ist. Die Schwefelsäure, welche viele Pflanzen enthalten, mag denn auch, in Verbindung mit dem Wasserstoff, zur Bildung von Schwefelwasserstoff und dadurch zum Geruche

faulender Pflanzen beitragen. Chlor enthalten namentlich die Steppen- und Strandpflanzen, Jod und Brom die Meerpflanzen, während Kieselerde fast in allen Pflanzen vorkommt, besonders in Rinde und Oberhaut der Schachthalme, der höherwachsenden Gräser, röhrenförmigen Palmen ꝛc., wo sie das Gewebe so durchdringt, daß sie, als unverbrennliches Element, in der Asche verbrannter Pflanzen noch die vollständige Structur des Gewebes, rein aus Kieselsäure gebildet, erkennen läßt. Alle diese Elemente und einfachen Stoffe, selbst Eisen und Kupfer, nimmt die Pflanze von außen her in sich auf und führt sie von Zelle zu Zelle weiter, aber das Zellenleben selbst bildet aus ihnen nicht nur neue organische Verbindungen, sondern hindert die verwandten Elemente nicht, sich binär, also zu Krystallen zu vereinigen. Die Kohlensäure ist, nebst dem Wasser, die vorzüglichste Nahrung der Pflanzen, doch erscheint sie auch oft in dem Safte im freien, aufgelösten Zustande, namentlich durchgehends bei Nacht. Die Oxalsäure ist nicht minder verbreitet, sie scheint durch das chemische Leben der Zellen erzeugt zu werden und zeigt sich namentlich frei in Cactus- Feigen- und saftigen Zierpflanzen. Die meisten Salze findet man immer in den grünen, also vom lebhaftesten Vegetationsprozesse durchdrungenen Pflanzenzellen; viele kommen immer nur im aufgelösten Zustande vor, wie essigsaurer und äpfelsaurer Kalk, andere aber als feste Krystalle und namentlich als oxalsaurer Kalk, der in Gestalt von Quadrat-Oktaëder und dem rechtwinkligen, vierseitigen Prisma (also im zwei- und einaxigen System) oft in großer Menge vorkommt. So enthält die gemeine Kermesbeere,

mit deren rothem Safte man Weine und Zuckerwaaren zu färben pflegt, den oxalsauren Kalk als längliche prismatische und oktaëdrische, nadelförmige Krystalle, zu zwanzig bis dreißig solcher Nadelbündel in einer einzigen Zelle, während in allen Pflanzen und zu gewissen Zeiten sich einzelne größere, die ganze Zelle ausfüllende Krystalle zu bilden pflegen. Außer dem oxalsauren Kalke findet sich der schwefelsaure Kalk in Gestalt ein- und zweigliedriger Oktaëder, sowie in Tafelform als Oktaëder mit zwei Prisma-Endflächen, vielfach in Zellen vor, während der Kalkspath (kohlensaure Kalk) als Rhomboëder unstreitig wol am häufigsten gefunden wird.

Andere Zellen der Pflanzen zeichnen sich durch ihren grünen Inhalt aus. Bringt man einen grünen Pflanzentheil in gehöriger durchsichtiger Dünnheit unter das Mikroskop, so erkennt man, wie Fig. 66 darstellt, eine Menge kleiner, rundlicher Körnchen, welche den Inhalt der Zellen füllen und denselben die grüne Farbe geben. Es ist jener eigenthümliche Stoff, welchen man Blattgrün, Chlorophyll, genannt hat. Man kann aus ihm eine grüne Tinctur bereiten, wenn man einen grünen Pflanzentheil zerquetscht und mit Weingeist versetzt, der den grünen Stoff auszieht. Er kommt nur in solchen Theilen der Pflanze vor, welche dem Lichte ausgesetzt sind, bildet sich hier, indem er die Zellenwände gleichmäßig oder spiralig überzieht oder den körnigen Inhalt der Zelle bedeckt.

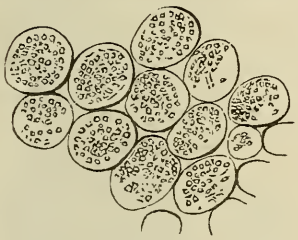


Fig. 66.

Sehr häufig treffen wir Pflanzenzellen an, welche keinen durchsichtigen Inhalt haben, sondern mit eigenthümlich geformten Körperchen gefüllt sind. In den meisten Gewächsen nämlich setzt sich, vorzüglich in der Zeit des Reifens ihrer Früchte, eine feste Masse aus dem Zellensafte ab, welche dem unbewaffneten Auge als eine Art von Mehl erscheint und deshalb auch Stärkemehl, Amylum, genannt ist. Ist man zweifelhaft, ob man wirklich Stärke vor sich habe oder nicht, so braucht man nur ein Tröpfchen Jodlösung daran zu bringen, worauf sich die Stärke augenblicklich blau, violett färbt. Im trocknen Zustande ist sie härtlich, angefeuchtet gallertartig, wieder getrocknet gläsern spröde, im reinen Zustande stets hell, in kochendem Wasser schnell auflöslich; — dagegen übt Weingeist keine lösende Kraft auf sie aus. Außer in den Flechten, wo die Stärke die Zellenwand der Sporenschläuche bildet, finden wir sie als Zelleninhalt in dreifacher Form und zwar in eigenthümlichen, charakteristischen Körnern, wie z. B. in Kartoffeln, in Weizen, in Erbsen ꝛc. oder als unregelmäßige, Knochenstücken und Stäbchen ähnelnde Körperchen, wie z. B. im Milchsafte der Euphorbien, oder als formlosen, die inneren Zellenwände überziehenden Kleister, wie z. B. im Eiweiß von der Kardamom-Alpinie. Die Stärke, welche in bestimmt geformten Körnern in den Zellen vorkommt, interessirt uns hier am nächsten, zumal sie am meisten in der Pflanzenwelt verbreitet ist. Was man nämlich in den Amylum enthaltenden Pflanzen mit unbewaffnetem Auge für Mehlstaub zu halten pflegt, erscheint unter dem Mikroskope als eine Menge eiförmiger Körperchen, welche die Zellen dergestalt

anfüllen, wie in Fig. 67, wo ein feines Schnittchen von einer Kartoffel stark vergrößert dargestellt ist, sich kundgiebt.

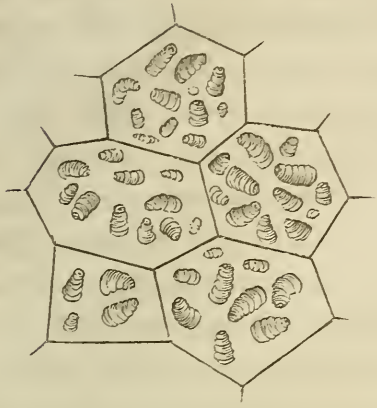


Fig. 67.

Diese Körperchen sind sehr klein und die größten davon messen in ihrem Längedurchmesser nicht über $^1/_{20}$ Linie.

Heißes Wasser quillt die Stärkekörperchen auf und treibt sie endlich zu einer Ausdehnung, daß die Zellenwand platzt und die Stärke heraustritt. Man sieht dieses beim Kartoffelnkochen, wo die Kartoffel ihren mehligen Inhalt austreten läßt und man zu sagen pflegt, daß sie berste und mehlig sei. Untersucht man eine gekochte Kartoffelzelle vor ihrem Platzen mikroskopisch, dann zeigt sie sich in folgender Gestalt (Fig. 68).

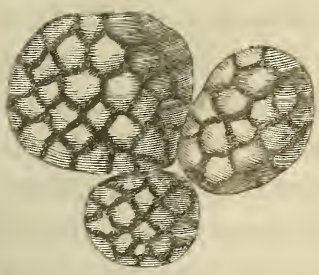


Fig. 68.

Die Stärke hat Wasserdampf eingesogen, ein größeres Volumen angenommen und die Zelle in eine runde Form ausgedehnt. Die netzartige Zeichnung, welche die Zelle dadurch dem bewaffneten Auge darbietet, wird durch das ebenfalls in der Zelle befindliche Eiweiß verursacht, welches in der Hitze geronnen ist und die Zwischenräume der einzelnen Stärkekörperchen aus-

füllt. — Betrachten wir diese Körperchen in ihrem natürlichen Zustande genauer, so besteht in der Kartoffel jedes einzelne aus schaalenförmig gelagerten Schichten, die nach innen zu immer dichter (wasserfreier) werden und in der Mitte einen scheinbaren Kern haben, welcher aber nur eine kleine Höhle ist, die von weniger dichter Masse gefüllt wird. Die Körperchen, wie sie Fig. 69 noch stärker vergrößert aus der Kartoffel darstellt, sind an einem Ende dünner als am andern und der scheinbare Kern liegt stark excentrisch. Die Form der Kartoffelstärke ist am verbreitetsten, man findet sie auch in dem Mehl der Lilien und hier sowol wie in der Kartoffel oft auch der Art, daß zwei bis vier Körperchen zusammengewachsen sind und einige äußere, schaalige Schichten sie gemeinsam umschließen, wie in Fig. 70.

Fig. 69.

Bei den Bananen gleichen sie unregelmäßigen, länglichen Platten mit excentrischen Streifen, im Weizen bestehen die Körperchen aus flachgedrückten, glanzlosen, meist linsenförmigen Gestalten, die, wenn sie feucht werden, leicht an einander kleben, weshalb die Weizenstärke, welche im Handel vorkommt, immer als lockere Klümpchen erscheint. Im natürlichen Zustande stellt sie sich dar, wie Fig. 71 zeigt.

Fig. 70.

Fig. 71.

Die Stärke der Erbsen sieht aus wie zusammengeballte

Kügelchen, die oft Körperchen mit einer mittleren Aushöhlung bilden. Fig. 72.

Fig. 72.

Die Stärke ist ohnstreitig der verbreitetste Stoff in der gesammten Pflanzenwelt, alle Pflanzen enthalten zu irgend einer Jahreszeit mehr oder weniger davon, einige sind sehr reich daran, so findet man z. B. in 1 Pfunde Kartoffeln ¾ Pfund wässrigen Saft und 4—5 Loth Stärke.

Dieses wären die vorzüglichsten Eigenthümlichkeiten im Inhalte der Zellen. Betrachten wir jetzt aber das Verhalten der Pflanzenzellen im Zusammenhange, ihre Gewebsbildung und die Lagerung verschiedener Zellen nebeneinander, so erblicken wir auch wieder die objektive Bestätigung des früher ausgesprochenen Grundsatzes, daß die Pflanze ihre wichtigsten Lebensorgane nicht nach innen, wie der thierische Organismus, sondern nach außen hin liegen hat. Der Durchschnitt eines kleinen Pflanzenstengels kann uns hier schon belehren. In Fig. 73 sehen wir bei starker Vergrößerung auf die Querschnittfläche eines sehr dünnen Scheibchens von einem jungen Baumzweige. In der Mitte a befindet sich ein weites Loch, die geöffnete Mündung eines Kanals, welcher aus verschmolzenen Zellen, deren Zwischenwände aufgesogen wurden, gebildet ist und nur Luft enthält, ohne an der Saftverbreitung im Stengel irgend Antheil zu nehmen. Umgeben wird dieser Luftkanal von Zellen, welche ihre Bedeutung für das Leben der Pflanze dadurch verloren haben, daß sie ihre Wandungen nicht mehr für Endosmose thätig erhalten, sondern sich allmälig mit

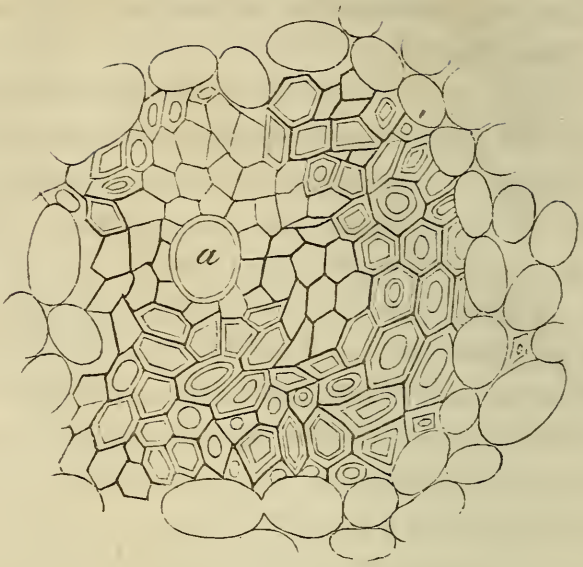


Fig. 73.

einem festen Inhalte füllen, der sie als Holzzellen charakterisirt. Wir sehen an hohlen Bäumen, daß diese Holzzellen gänzlich abgestorben und verfault sein können, ohne das Leben des Baumes irgend zu beeinträchtigen. Indem wir auf diese Holzzellen sogleich noch einmal unsere Aufmerksamkeit wenden werden, gehen wir auf unserer vorstehenden Zeichnung weiter und erblicken, auf diese Holzzellen folgend, eine Schicht eigenthümlicher Zellen, welche recht eigentlich der Saftverbreitung und dadurch der Ernährung und dem Wachsthume der Pflanzen vorstehen und deren kreisförmige, den Holzkörper umschließende Schicht man den Bast nennt, der nun wieder ganz an der äußeren Oberfläche durch weitere, runde Zellen umgeben ist, die als Oberhaut die unterliegende Bastlage schützen. Die wichtigsten Lebensorgane der Pflanze

finden sich also nach außen gleich unter der Oberhaut und deshalb muß ein Baum unbedingt absterben, wenn ein Messerschnitt ringsum den Stamm so tief einschneidet, daß diese dünne Bastschicht quer getrennt wird, indem dann das Aufsteigen des Saftes, wie beim Durchschneiden der Blutadern eines Thieres, ferner unmöglich wird und die Pflanze so zu sagen verblutet.

Zwischen den Bastzellen, die aus jenen langgestreckten Formen bestehen, wie wir sie in Fig. 43 dargestellt haben, und den Holzzellen findet aber noch ein Uebergang Statt. Die Pflanze wächst nämlich in ihrer äußeren Peripherie weiter, indem sich alle Jahr eine neue Schicht von Zellen zwischen die bereits vorhandenen Holzzellen und die Bastschicht einschiebt, um sich gleichfalls zu Holzzellen umzubilden und mit dem nächsten Jahre von einer neuen Schicht bekleidet zu werden — das Wachsthum oder vielmehr die Zunahme neuer Zellen geschieht also zwischen Bast und den letzten Holzzellen. Jemehr nämlich die Zellen den *inneren* Theil des Stammes bilden, um so mehr rücken sie aus dem Leben der ganzen Pflanze hinaus — die Zellenschicht, welche in diesem Jahre unmittelbar unter dem Saft führenden Baste lag, befindet sich nach drei Jahren schon durch zwei neue Schichten davon getrennt und gehört nicht mehr zur lebendigen Umgebung des Holzes — jemehr aber die Zellen vom Baste entfernt und durch neue Schichten nach innen gedrängt werden, um so mehr werden sie Holz, d. h. Zellen, welche ihre Wände verdicken, für Endosmose unfähig machen, ihre Höhle ausfüllen — *verholzen*. — Man unterscheidet daher die dem Baste zunächst liegenden jungen

Zellen, welche erst später zu Holz werden, als Splint, oder in der Botanik: Cambialzellen (von Cambium, Bildungsschicht) genannt, von den älteren Holzzellen, welche das Kernholz bilden. Dieser Splint erscheint dem unbewaffneten Auge lockerer und heller, als das dichtere Holz, das durch das jährlich zunehmende Zusammendrücken fester, dunkler, oft von Farbestoff gefüllt und härter wird.

Nehmen wir z. B. einen feinen Querschnitt von einem Fichtenzweige unter das Mikroskop, dann sehen wir, wie in Fig. 74 die jungen Splintzellen a sich unterscheiden von den älteren Holzzellen b.

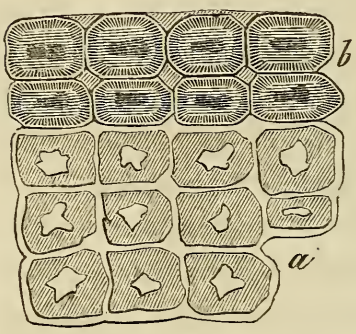


Fig. 74.

Da alljährlich eine neue Zellenschicht unter dem Baste entsteht und dadurch den Stamm verdicken und vergrößern hilft, so bleiben im Holzkörper sichtbare concentrische Ringe zurück, welche jedesmal den Jahresanwachs neuer Splintzellen verrathen, die dann später in Holzzellen umgewandelt und erstarrt wurden. Man nennt sie Jahresringe und sie geben durch ihre Zahl immer mit Bestimmtheit das Jahresalter des Baumes an. Finden wir z. B. auf dem Querschnitte eines Stammes oder Zweiges folgende Zeichnung der Ringe, wie in Fig. 75 a dargestellt ist, so zählen wir an den Ringen, daß der Stamm oder Zweig drei Jahre alt ist, während uns der Querschnitt b über das sechsjährige Alter Gewißheit giebt.

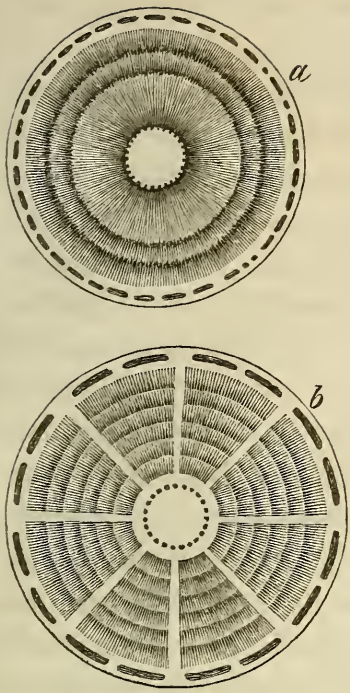


Fig. 75.

Das Zellgewebe in den Holzpflanzen nimmt aber nicht nur die centrale Mitte des Stammes, wo die lockeren, weiten Zellen Mark genannt werden, und nicht nur die äußere, aus Zellgewebe gebildete Rinde ein, sondern wenn wir z. B. einen einjährigen Stamm, wie in Fig. 76 gezeichnet ist, auf seiner Querschnittfläche näher betrachten, so entdecken wir vom Mittelpunkte (dem Marke) nach der Rinde zu sternförmig auslaufende Strahlen; diese Gestalt hat in der Queransicht der Holzkörper, welcher gleich einem Stern in dem Zellgewebe eingebettet liegt, und dieses, von dem Marke nach der Rinde reichende Zellgewebe heißt in seinem, die Holzzwischenräume ausfüllenden Theile Markstrahlen. Auf unserer Zeichnung hätten wir also a a a den sternför-

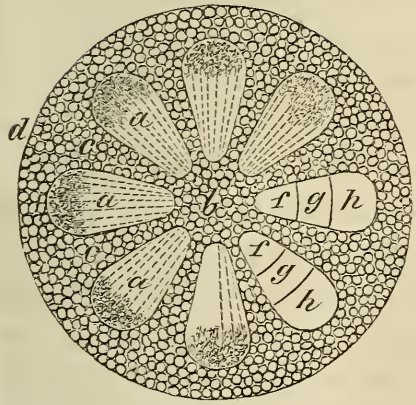


Fig. 76.

migen Holzkörper, b das Mark, c die Markstrahlen, d die Rinde.

Der Holzkörper selbst, welcher sich dem unbewaffneten Auge als Splint und Kernholz unterscheidet und dessen Zellen in Fig. 74 mikroskopisch dargestellt sind, hat aber in der Wissenschaft noch eine genauere Eintheilung und zwar in drei Regionen erhalten, die in Fig. 76 bezeichnet sind. In f, wo der Holzkörper dem Marke am nächsten liegt und aus den ältesten Holzzellen besteht, bezeichnet man diese Portion als die Krone oder Markscheide, wo Holz und Mark sich scheiden; in g, wo die Holzzellen von den sogenannten Markstrahlen umlagert sind, erblickt man den eigentlichen Holzkörper, weil hier die Holzzellen am kräftigsten sind, während die dem Mittelpunkte näheren und älteren schon als abgestorbene Zellen zu betrachten sind; in h aber ist die lebensthätige Schicht junger Cambialzellen, die in lebhafter Bildung begriffen den Holzkörper vergrößern helfen und wo alljährlich eine neue Schicht entsteht, während die alte mit in die Masse des Holzkörpers einrückt.

In unserer bisherigen Betrachtung der Zellen-Lagerungsverhältnisse im Stamme und in den Zweigen haben wir besonders die Holzpflanzen unserer gewöhnlichen Bäume vor Augen gehabt. Sie gehören nämlich zu denjenigen Pflanzen, welche man Dikotylen, d. h. Gewächse mit Blüthe und Samen nennt, die mit zwei und mehr Keimblättern (Samenlappen, Cotyledonen) sich entwickeln und wobei die Holzbildung in der oben beschriebenen Form und Weise allgemein von Statten geht. Anders verhält sich die Stammbildung, deren innerer Bau immer von der äu-

ßeren Form der Stämme unabhängig ist, bei denjenigen Pflanzen, welche auch Blüthen und Samen tragen, aber beim Keimen nur ein Keimblatt zur Entfaltung haben und deshalb Monokotylen genannt werden. Hier haben die Gefäßbündel (Zellen des Bastes und Holzes) keine so geregelte Ordnung, wie wir sie in unseren Holzbäumen und den Dikotylen überhaupt antreffen; man erkennt diese Gewächse schon im Allgemeinen an ihren Blättern, denn ihre Blattnerven verzweigen sich nicht, wie bei ersteren, netzartig, sondern laufen im Blatte parallel, wie z. B. unsere Gräser und Zwiebelgewächse verrathen. Auch die stattliche Palme gehört zu dieser Klasse und verhält sich deshalb in der Stammbildung ebenso wie jene. Nehmen wir einen feinen Querschnitt eines solchen Pflanzenstengels unter das Mikroskop, dann überrascht uns, namentlich bei der Palme, die ungeordnete und höchst einfache Lagerung, indem alle sogenannten Gefäßbündel, jene Saftleiter und Holzzellenreihen, ganz ohne Abgrenzung, unregelmäßig im Marke vertheilt liegen. Ein solcher Querschnitt hat das Ansehen, wie Fig. 77 vergrößert darstellt, und da die neuen Gefäßbündel sich in der Peripherie bilden und bis an die Spitze des Stammes oder Halmes reichen, so wachsen solche nicht nur in ihrem Umfange, sondern auch an der Spitze fort. Noch anders verhält es sich bei denjenigen Pflanzen tieferstehender Ordnung, welche man Akotylen nennt, weil dieselben weder eine deutliche Blüthe noch Samen hervor-

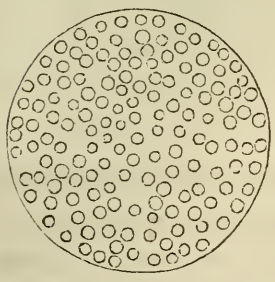


Fig. 77.

bringen, sondern sich durch Keimzellen oder Sporen fortpflanzen. Hier sind die Gefäßbündel im Stamme in mannichfaltiger Weise gruppirt und sich in ihrer Natur darin gleich, daß sie nicht, wie bei den Monokotylen, sich noch eine Zeit lang vergrößern und dann stillstehen, sondern gleichzeitig entstehen, ohne weitere Fortentwicklung. — In diese Klasse gehören z. B. die Schachtelhalme, die Lycopodien und Moose, deren Stamm im Querschnitt sich so darstellt, wie in Fig. 78 gezeichnet ist, und wo alle Gefäße in der Mitte liegen. In den gleichfalls zu dieser Klasse zählenden Farrenkräutern sind die Gefäße theils in größere Gruppen, theils einzeln zerstreut und der Querschnitt des Stammes bietet den Anblick wie Fig. 79 a dar. Häufig bilden diese Ge-

Fig. 78.

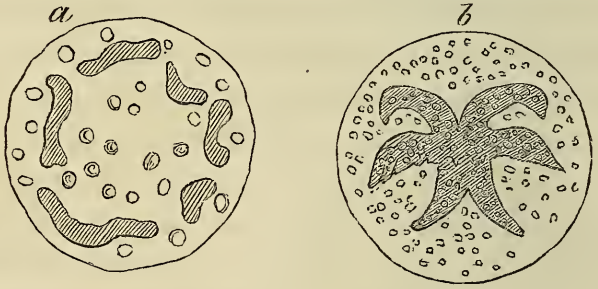


Fig. 79.

fäßlagerungen, im Querschnitt betrachtet, regelmäßige Zeichnungen und wenn man z. B. in Fig. 79 b den durchschnittenen Wurzelstock von Pteris aquilina betrachtet, so glaubt man einen Doppeladler zu sehen, woher auch diese Pflanze den Namen Adlerfarren erhalten hat. Bei den Flechten sind sie auch so gelagert, wie Fig. 80 versinnlicht.

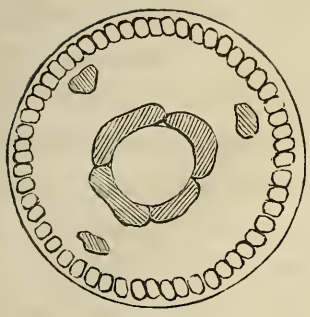


Fig. 80.

Die Unterscheidung der Pflanzen in solche, welche Blüthen und Samen bilden, und solche, die weder deutliche Blüthen- noch Samenbildung zeigen, führt uns noch auf ein neues mikroskopisches Gebiet, welches gleichfalls seine formellen Lebenserscheinungen in den engen Grenzen kleiner Raumgrößen offenbart und für den Forscher immer ein Gegenstand hohen Interesses gewesen ist. Ich meine die Fortpflanzung der Pflanzen.

Hier geht die Natur, je nach den Klassen der Pflanzen, wie sie die Menschen nach Erkenntniß der natürlichen Verhältnisse eintheilen lernten, stufenweise zu Werke. Die Pflanze hat die einzige Lebenstendenz, sich fortzupflanzen, ihres Gleichen wieder zu erzeugen, dazu wächst sie, ernährt sich und bildet Zellen, die als Keimzellen sich von der Mutterpflanze trennen, um selbstständige Pflanzen zu werden. — Als allgemeines Gesetz gilt auch bei der Fortpflanzung der Pflanzen, gleich wie bei dem Wachsthume derselben, die Bildung neuer Zellen und eben wie dieses Gesetz erfüllt wird, darin liegt allein die Unterscheidung der geschlechtlichen Formen des Fortpflanzungsaktes.

Daß sich eine Pflanze aus Nichts, d. h. aus einem organischen Urschleime, einer formlosen Materie selbstständig und durch Urzeugung bilden könne, hat die Beobachtung nur in so weit nachgewiesen, als eine Zelle sich auf die früher angegebene Weise aus dem pflanzlichen Safte zu ge-

ſtalten vermag, doch bleibt es noch unbeſtätigt, ob ſolche Zellen (wie z. B. der ſchon oft genannte Protococcus), welche als ſelbſtſtändige Pflanzen nur einer iſolirten Zelle gleichen, ebenfalls durch Urzeugung entſtehen können. — Man iſt in neuerer Zeit, um das plötzliche, unerklärliche Erſcheinen von Schimmelbildungen (auch Infuſorien) zu erklären, zu der Annahme gekommen, daß die zarten, dem unbewaffneten Auge völlig unſichtbaren Sporen oder Keimzellchen der Pflanzen (wie die kleinen Infuſorieneier) in der Atmoſphäre umherſchwimmen, hier und dort hingewehet werden und jeden Augenblick ſich anzuheften und zu entwickeln Gelegenheit haben. Nur diejenigen Pflänzchen (Pilze, Schimmel), welche im verſchloſſenen Inneren oder unter der unverletzten Oberhaut anderer Pflanzen ſich bilden, ſind damit, daß man auch unzählige Male die Sporen entdeckte, welche die Luft an äußere, offene Flächen wehte, nicht hinlänglich erklärt, denn woher ſind die Sporen in das innere Gehäuſe einer luftdicht geſchloſſenen Wallnuß gekommen, wenn wir nach der Eröffnung deren Kern von Schimmel und Pilzen überzogen finden, die oft derſelben Gattung angehören, welche in der freien Luft vorkommen? Halten wir uns bei den hinfälligen Meinungen über die Urzeugung nicht weiter auf und gönnen es der Natur, den erſten Urſprung ihrer Schöpfungen in ein Geheimniß zu hüllen, deſſen Gebietsgrenzen ſie ohnehin kaum mehr im kleinſten Raume zu bewachen vermochte, ſeit das Mikroſkop und das geübte Auge auch in dieſen einzudringen wußten. Halten wir uns daher an das wirklich Erkannte, ſo werden wir ein reiches Material entdecken, welches uns

schon mit Bewunderung der Naturweisheit zu erfüllen vermag.

Die Fortpflanzung der Pflanzen beruht durchweg auf Bildung neuer Zellen, welche die Fähigkeit in sich tragen, durch Fortentwicklung die Mutterpflanze von Neuem darzustellen. Der Anfang jeder Pflanze ist immer eine einzelne Zelle. Die unterste und einfachste Weise ist die, wo eine Zelle, also ein Theil der Pflanze, sich abschnürt, endlich vom Mutterboden sich trennt und ihr eigenes Leben fortsetzt, indem sich dieser Prozeß wiederholt. Daß dieses nur bei Pflanzen geschehen kann, welche nur aus Zellenreihen ohne weitere Modification bestehen, wo, wie bei Conferven, die Zelle an gleichförmige Zellen gereihet ist, leuchtet ein. Wir hätten also die Selbsttheilung als erste Vermehrungsweise anzuerkennen. Eine sehr verbreitete Fortpflanzungsweise in der kryptogamischen Pflanzenwelt, wo es weder Blüthe noch Samen nach dem Vorbilde höherer Pflanzen giebt, ist die der Sporenbildung. Hier bilden sich kleine, oft unglaublich kleine Zellchen, deren Unzahl erst wie ein Stäubchen vor dem gewöhnlichen Gesichtssinne erscheint, entweder in den Zellen der Pflanze oder an besonderen Theilen, bald innen, bald außen. Die Sporen innerhalb der Zelle füllen dieselbe an, dehnen sie aus und durchbrechen sie, also durch nichts unterschieden von einem einfachen Zellenbildungsprozesse in einer Mutterzelle, welche nun freilich rund, langgestreckt, schlauchartig ꝛc. sein kann, wie Fig. 81 a b c darstellt, und auch zu besonderen Sporenblättern ausgebildet erscheinen kann, wie d. Oft, z. B. bei den Keulenpilzen, bilden sich die Sporen an der Ober-

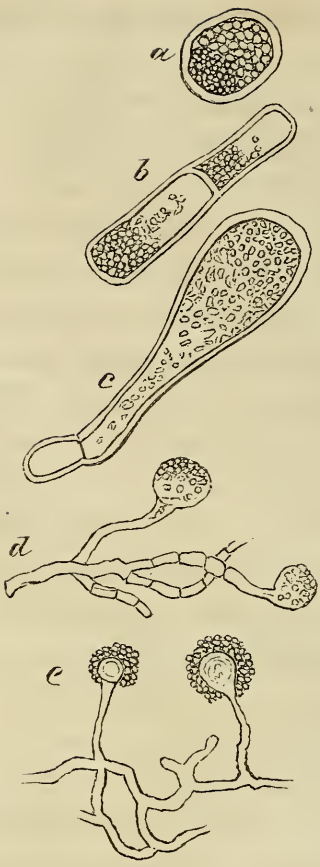


Fig. 81.

fläche eines gestielten Fruchtträgers e und stäuben ab, um von der Luft weitergetragen zu werden und einen neuen Boden der Entwicklung zu finden.

Eine größere Mannichfaltigkeit und complicirtere Weise der Fortpflanzung findet man bei den Pflanzen, welche Blüthen und Samen produciren, weil hier die Entwicklung neuer, als Keime zu künftiger Generation bedeutsamer Zellen abhängig von einer vorhergehenden Befruchtung gemacht wird, wozu die Natur wieder Organe schaffen mußte. Dieses Befruchtungs- und Keimorgan ist die Blüthe, deren große Bedeutung als Geschlechtsorgan erst durch die mikroskopischen Forschungen neuester Zeit verständlich geworden ist. Je nachdem in einer Blüthe männliche und weibliche Organe vorhanden sind oder beide geschlechtlichen Organe in verschiedenen Blüthen sich darstellen, die nun wieder auf einem Stamm oder auf ausschließlich männliche oder weibliche Pflanzenexemplare vertheilt sein können, hat die Botanik die blühenden Gewächse eingetheilt. Betrachten wir eine Blüthe, welche weibliche oder männliche Organe in

sich birgt, um daran das Geschlechtsleben in seinem Ganzen vorstellig zu machen. Man denke sich eine solche Blüthe in ihrer Länge senkrecht durchschnitten, dann wird sie schematisch so zusammengesetzt erscheinen, wie Fig. 82 versinnlicht.

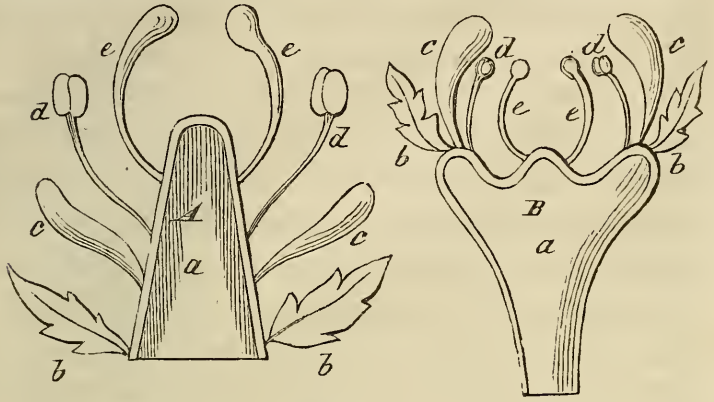


Fig. 82.

Fig. 82.

In A B C sind drei Formen von Blüthen gezeichnet, wie sie in der Natur vorkommen und Veranlassung für die Botaniker geworden sind, dieselben in hypogyne, perigyne und epigyne Blüthen einzutheilen, was sogleich verständlich werden wird. Der Theil a wird gewöhnlich die Blüthenaxe genannt, an welche die anderen Theile, vierfach unter einander geordnet, sich befestigen. Diese Theile sind nichts Anderes, als modificirte Blattbildun-

gen, von denen die beiden äußeren b c zur Fruchtbildung nicht mit beitragen, deshalb auch bei den geschlechtslosen Blüthen nie fehlen und bei geschlechtlichen Blüthen nicht selten gar nicht vorhanden sind. Sie geben der Blüthe äußere Form und Mannichfaltigkeit, bilden Kelch und Krone und werden deshalb auch Kelch- und Kronenblätter genannt. Wesentlich für die geschlechtliche Bedeutung der Blüthe sind aber die beiden inneren oder oberen Blattbildungen d e, welche die Botaniker, um die formelle Modification des Blatttypus zu bezeichnen, auch Staubblätter und Fruchtblätter nennen, die wir aber hier, der allgemeinen Verständlichkeit wegen, mit dem gewöhnlichen Namen, nämlich d Staubfäden und e Fruchtbehälter oder Fruchtknoten mit den weiblichen Empfängnißorganen, dem Stempel (Pistill), bezeichnen wollen. Je nachdem wie nun die Axe a sich zu den vier Blüthentheilen verhält, hat man die Blüthe, deren äußere Form auch davon abhängig ist, unterschieden. Ist die Axe kegelförmig gestaltet, wie in Fig. 82 A, stehen die vier Theile: Kelch- Kronen- Staub- und Fruchtblatt unter einander, so daß die Fruchtblätter alle inneren Blüthentheile, welche sich auf der Axe befinden können, umschließen, so heißt die Blüthe unterständig, hypogyna; — ist aber der untere Theil der Axe so gehoben, daß er einen Ring um den mittleren Kegel bildet, der in der Blüthe als Stempel (Pistill) gilt, und werden dadurch auch die drei unteren Blattformen auf gleiche Höhe gebracht, wie in Fig. 82 B, so heißt die Blüthe umständig, perigyna; — erhebt sich aber dieser Ring über die Axen-Spitze und treten damit auch die Blatt-

theile über dieselbe hinaus, wie in Fig. 82 C, dann heißt die Blüthe überständig, epigyna. —

Verlassen wir jetzt dieses schematische Bild und betrachten eine Blüthe, wie sie sich in ihrem ausgebildeten natürlichen Zustande darstellt, so unterscheiden wir an der Blüthenaxe, dem Stempel, mehrere wichtige Theile. In Fig. 83 haben wir eine senkrecht durchschnittene Blüthe vor uns, und zwar: a Kelchblätter, b Kronenblätter, c Staubfäden, d Pistill oder Stempel. An diesem letzteren, der aus der Umbildung eines Blattes hervorgeht, dessen Ränder sich einwärts biegen, verwachsen und dessen mittlerer Nerv zu einem längeren Stiele fortwächst, unterscheiden wir mehrere Theile, ebenso wie an den Staubfäden. — Fig. 84 stellt den senkrecht in seiner Mitte durchschnittenen Stempel vor.

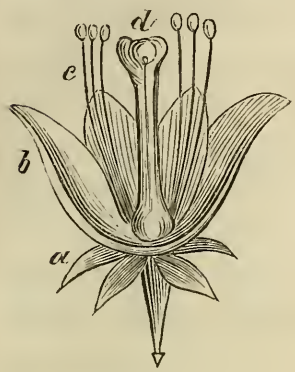


Fig. 83.

Fig. 84.

An diesem unterscheiden wir drei Theile, a die Narbe, b den Griffel oder Staubweg, c den Fruchtknoten, in welchem die Eier oder besser gesagt die Samenknospen befestigt sind. Dieser Blüthenstempel kann, je nach den Pflanzengattungen, sehr verschieden gestaltet sein; entweder in einfacher Zahl oder mehrzählig, oder mehrere Griffel sind mit einander ver-

wachsen, die Narbe kann mannichfaltige Gestalten darbieten, wie wir dieses leicht finden, wenn wir nur eine Reihe mannichfaltiger Blumen mit einander vergleichen.

Auch die Staubfäden (Fig. 83 c) bieten verschiedene Theile und auch mannichfache Formen im Ganzen dar. In folgender Zeichnung (Fig. 85) sind drei Formen aus verschiedenen Blumen dargestellt, wo aber die einzelnen, wesentlichen Theile, wenn auch anders gestaltet, sich wiederholen. Der obere knopf- oder kolbenförmige Theil a heißt Staubbehälter oder Anthere, weil sein Inhalt der bekannte Blüthenstaub ist, der untere, bald mehr oder weniger fadenförmige Theil b wird vorzugsweise der Faden genannt. Auch diese Staubfäden sind in den verschiedenen Blumenarten mannichfaltig an Zahl und Gestalt. Bekanntlich machte Linné die Zahl, Stellung und Länge derselben zu einem wichtigen Merkmale seiner Klassifikation; oft sind sie mit einander verwachsen, oft verschieden gestellt und lang.

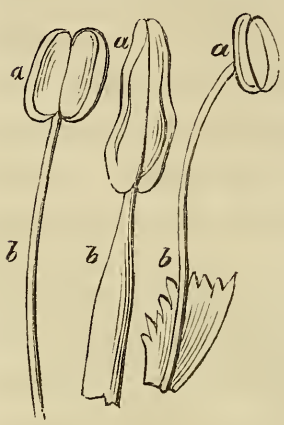


Fig. 85.

Diese Kenntniß der einzelnen Blüthentheile mußte vorhergehen, um den Fortpflanzungsprozeß der blühenden Pflanzen, den das Mikroskop verrieth, richtig zu verstehen. Eine große Rolle spielt hierbei der Blüthenstaub, Pollen genannt, welcher in den Antheren (Fig. 85 a) enthalten ist. Dem unbewaffneten Auge erscheint er nur als Staub, entweder von gelber, rother, brauner, grüner oder violetter

Farbe — der wie ein Puderwölkchen den oberen Theil des Staubfädchens bedeckt und bei der Berührung an den Fingern haften bleibt. Unter dem Mikroskope erscheint derselbe aber als unzählige kleine Zellen, die einen natürlichen Durchmesser, je nach der Blumengattung von $^1/_{300}$—$^1/_{20}$ Linie haben und wahre Fortpflanzungszellen sind, die bei den verschiedenen Pflanzen auch verschiedene Gestalten haben. Fig. 86 stellt solche stark vergrößerte Körper des Blüthenstaubes von einigen Gewächsen dar, woran man erkennt, daß ihre Gestalt nicht so einfach ist, als man glauben sollte. Diese Blüthenstaub-Zellchen entwickeln sich in der Anthere, die nämlich ein Schlauch ist, welcher im Zustande der Reife aufspringt und den Inhalt herausstäuben läßt. Fig. 87 zeigt eine solche Anthere, welche geplatzt ist, in einer starken Vergrößerung.

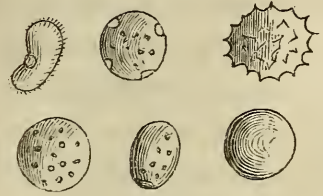


Fig. 86.

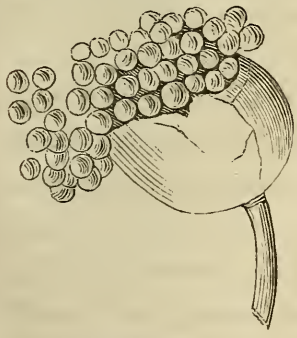


Fig. 87.

Die Natur hat nun die Bestimmung getroffen, daß diese Pollenzellchen auf die Narbe des Stempels fallen sollen und deshalb stehen die Staubfäden auch meistens so um den Griffel herum, daß sie ihren Staub leicht auf die Narbe fallen lassen können. Es giebt aber auch Blüthen, in denen die Staubfäden so kurz sind, daß sie die hochstehende Narbe nicht erreichen, ja es giebt viele Pflanzen, wo die Blüthen

der Art gesondert sind, daß ein Theil nur die Staubfäden (männliche Blüthen), ein anderer Theil nur den Stempel (weibliche Blüthen) trägt und zwar entweder auf einem und demselben Stamme oder auf zwei völlig isolirten Stämmen. Hier ist der Uebergang des Blüthenstaubes auf die Narbe erschwert, aber die Natur hat dafür gesorgt, daß dennoch die Bedingung der Fortpflanzung erfüllt wird, indem sie den Wind zum Träger des leichten Blüthenstaubes gemacht, dann aber auch durch den Instinkt gewisse Insekten, namentlich die Bienen, getrieben hat, das Uebertragungsgeschäft zu erfüllen. Indem diese nämlich von Blüthe zu Blüthe schwärmen und der Fruchtstaub sich an ihren Beinen ansetzt, streifen sie ihn auf der Blüthennarbe wieder ab und vermitteln damit den Befruchtungsakt der Pflanzen.

Bis so weit, daß der Pollen die Narbe des Blüthenstempels bestäubt, können wir den Akt mit bloßen Augen verfolgen; — nun aber beginnt der interessanteste Theil dieses Aktes, den die Natur in die unsichtbaren Grenzen des kleinsten Raumes barg und der erst in neuester Zeit durch gute Mikroskope ziemlich vollständig enthüllt wurde.

Man dachte sich nämlich den ferneren Prozeß der Befruchtung ziemlich wunderbar; man lebte bis vor einigen Jahren in der Meinung, daß die Zellchen des Blüthenstaubes auf der Narbe platzten, ihren feinen Inhalt ergössen und dadurch einen solchen Reiz auf den Stempel ausübten, daß in dessen Folge die Eier (Samenknospen) im Fruchtbehälter aus ihrem Schlafe erwachten und ihre Fortentwicklung zu Samen begönnen. — Wie gesagt, diese wunderbare Annahme erklärte nichts, weshalb die Mikroskopiker sich

bemüheten, den Blick in die kleinsten Räume des Stempels zu schärfen und den Befruchtungsakt erfahrungsmäßig aufzuklären. Diese mühevollen Forschungen wurden mit überraschenden Resultaten belohnt und da hat sich denn Folgendes herausgestellt:

So wie die Pollenzellchen auf die Narbe gefallen sind, geht in ihnen selbst eine auffallende Weiterentwicklung vor; sie schwellen zunächst etwas an und an einer Stelle wächst ein fadenförmiger Schlauch hervor, der, da jede Pollenzelle aus zwei Häuten besteht, von denen die äußerste meist kleine Oeffnungen hat, in solchen Fällen aus der Oeffnung der Außenhaut durch schlauchartiges Herauswachsen der inneren, feineren Zellenhaut gebildet wird. In Fig. 88 habe ich z. B. die Zellchen vom Blüthenstaube einer Oenothera stark vergrößert. Man sieht a dieselben mit den ihnen eigenen Oeffnungen der äußeren Haut, wo bei b bereits die innere Haut als Schlauch hervorwächst. Bei c sieht man die Blüthenstaubzellen von Blumen aus der Klasse Syngenesia, wo die äußere Haut neben den Oeffnungen noch stachelartige Fortsätze hat.

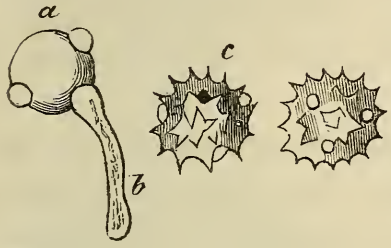


Fig. 88.

Von den auf der Narbe liegenden Pollenzellchen dringt nun der fortwachsende Schlauch in die Zwischenräume der Narbe und zwischen die Fasern des Griffels ein, drängt sich ganz hindurch in den Fruchtknoten und dessen Samenhöhle und tritt sogar in das Ei, die Samenknospe ein. Diese

letztere ist von der Natur ganz dazu gebaut, dem Pollenschlauche Eingang zu gestatten, denn betrachten wir ein solches Samenknöspchen, wie dasselbe im Fruchtbehälter der Samenhöhle des Stempels angeheftet sitzt, so zeigt es vergrößert folgende Gestalt und Construction. Fig. 89 stellt

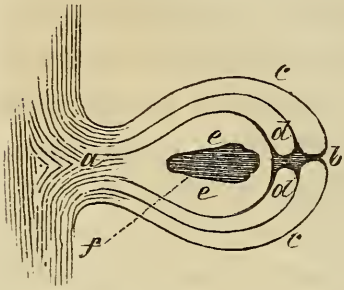


Fig. 89.

die Samenknospe in ihrem senkrechten Durchschnitte dar und an ihr unterscheiden wir a den Theil, womit sie an der Wandung der Fruchthöhle befestigt ist; b ist der Mund der Samenknospe, gebildet durch ein äußeres Hüllenblatt c und ein inneres d, welche den Keimsack e umschließen, der wieder in seiner Mitte den Keimkern f verbirgt. —

Der bis hierher gelangte Pollenschlauch tritt nun in den Mund der Samenknospen hinein, bahnt sich den Weg an den Keimsack, an dessen Wand er sich unmittelbar anlegt und indem er hier seine befruchtende Flüssigkeit endosmotisch abgiebt, regt er den im Inneren des Keimsackes ruhenden Kern zur Entwicklung als Samenkorn an, das nun im reifen Zustande die Fruchthöhle, welche, wie bekannt, trocknet und aufspringt, verläßt, um, in die Erde gelegt, eine neue Pflanze zu bilden. Wenn wir eine Blüthe nehmen, welche bereits eine Zeit lang bestäubt ist und wo die Pollenschläuche bereits in die Fruchthöhle des Stempels eingedrungen sind, dann bietet ein senkrecht durchschnittener Stempel unter dem Mikroskope folgende Ansicht dar. Fig. 90.

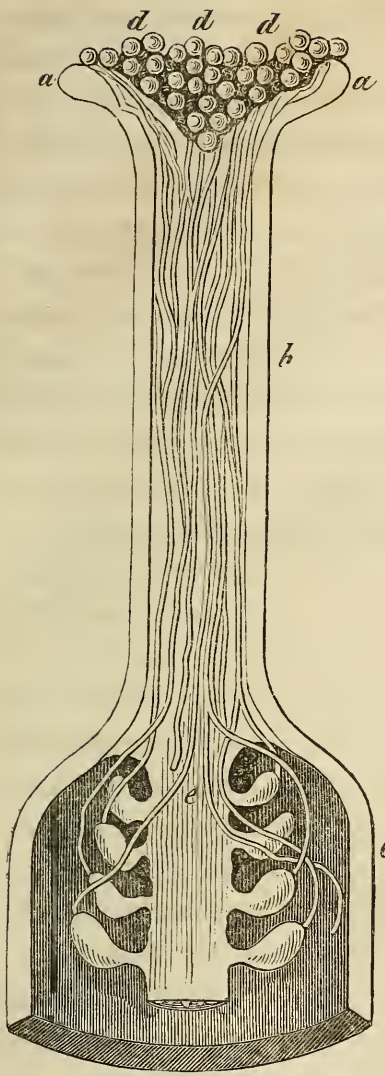


Fig. 90.

Hier sehen wir a die Narbe, b den Griffel, c die Samenhöhle mit den Samenknospen. Die Pollenzellchen d d d haben ihre Schläuche durch den Griffel gedrängt und sind in e in die Samenknospen eingedrungen. Dieses Eindringen der Schläuche ist mit einer großen Aufregung des Blüthenlebens verbunden, die oft, z. B. bei Arum italicum, durch Erhitzung wahrnehmbar ist, was durch stärkere Aufnahme von Kohlensäure und dadurch bewirkten lebhafteren Verbrennungsprozeß bewirkt wird.

Bis zum Eindringen des Schlauches in den Knospenmund, bis an den Keimsack, war dieser interessante Befruchtungsakt der Pflanzen genau beobachtet worden; man sah in den Pollenschläuchen die vom Pollenzellchen auswachsenden Kanälchen, zur Fortleitung des befruchtenden Stoffes in die Keim-Mündung hinein; also betrachtete

man die Staubfäden als die Träger des männlichen Prinzipes und nannte Blüthen, welche nur allein Staubfäden enthalten, männliche Blüthen. In neuester Zeit sind aber von namhaften Forschern Beobachtungen gemacht worden, die, falls sie sich allgemein bewahrheiten sollten, eine gänzliche Umgestaltung der bisherigen Ansicht von der männlichen Bedeutung des Blüthenstaubes zur Folge haben müßten. Es wird nämlich behauptet, daß die Pollenschläuche nicht allein bis zum Keimsacke des Eies (Samenknospen) gelangten, um diesem den befruchtenden Stoff zuzuleiten, sondern daß sie selbst in den Keimsack eindrängen, indem sie denselben einstülpten, und daß nicht vom Keime aus, sondern in der Spitze des Pollenschlauches, der von dem eingestülpten Keimsacke umschlossen wird (also an der äußeren Fläche der nun eingestülpten Keimsackstelle), der Keim und Embryo des Samens entstände. Diesen Beobachtungen nach würde das Bild der Befruchtung sich folgendermaßen darstellen. Fig. 91.

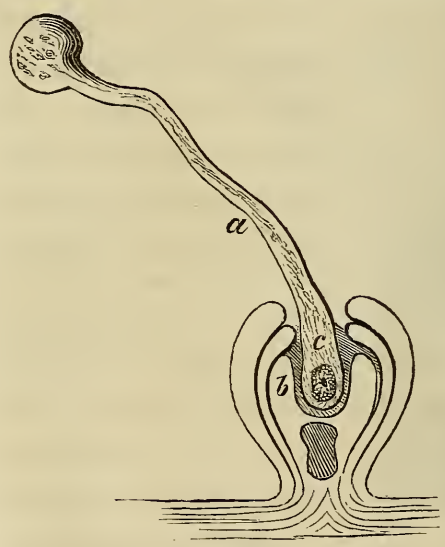


Fig. 91.

Der Pollenschlauch a tritt in den Mund der Samenknospe, drängt den Keimsack in b nach Innen und, wie Fig. 91 ver-

sinnlicht, entwickelt in seiner äußersten Spitze den Keim c. —

Hierdurch bekommt die geschlechtliche Bedeutung der pflanzlichen Fortpflanzungsorgane eine gerade entgegengesetzte Bedeutung. Wurde seither der Blüthenstaub als Träger des männlichen Befruchtungsstoffes, der Stempel dagegen mit seiner Eihöhle als empfangendes, weibliches Organ betrachtet, so müßte nach der neuen Beobachtung die Anthere des Staubfadens als Eierstock, jedes Pollenzellchen als Ei, der Griffelkanal als Eileiter, die Samenknospe als Gebärmutter gedeutet werden. Der Pollenschlauch wäre demnach ein verlängertes Pflanzenei, welches auf der Narbe durch die hier befindlichen Drüsen einen männlichen Befruchtungsstoff empfangen hätte, und die Narbe müßte deshalb männliches Organ sein.

Diese neueste Ansicht findet viele Anhänger, sie bietet noch dadurch einen interessanten Vergleich dar, daß diese pflanzliche Zeugung Aehnlichkeit mit der einiger Insektenordnungen hat, namentlich der Schlupf- und Gallwespen, deren Eier ebenfalls langgestielt sind und der Embryo sich auch in der äußersten Spitze des Schlauchs entwickelt. Die Verhandlungen über diese neue Theorie der Pflanzenbefruchtung dauern in der Wissenschaft noch fort und wir müssen deshalb diesen Akt der Natur, den sie dem kleinsten Raume anvertraute, noch als unentschieden betrachten. —

Wenden wir unseren Blick jetzt in die Organisation der thierischen Natur, so begegnen wir nicht weniger einer Mannichfaltigkeit von Formen und Bildungsakten, welche sämmtlich auf dem Leben der Zelle und ihrer Fortentwicklung

beruhen. Sahen wir im Pflanzenreiche fast nur nebeneinandergereihte Zellen einen isolirten oder summarischen Ausdruck gewinnen, fanden wir nur wenige Zellen mit spezifischem Charakter, wie z. B. die Stärke- oder Chlorophyll- oder Pollen- oder Keimzelle, trafen wir in den Gefäß- Holz- Bast- und Markgebilden der Pflanzen immer nur nächste Metamorphosen der Zellen an, so eröffnet uns dagegen die thierische Natur eine große Mannichfaltigkeit von Zellenverbindungen und spezifischen Zellencharakteren. — Um diese zu finden, wollen wir die Gewebe des Thierkörpers und die in seinen Flüssigkeiten vorkommenden Formen vor unserer Betrachtung vorübergehen lassen, wobei wir recht eigentlich die kleinsten Räume mikroskopisch erhellen müssen, da die Natur im thierischen Organismus ihre Formelemente noch kleiner und zarter gebildet hat, als es im Pflanzenorganismus der Fall ist.

Verweilen wir zunächst bei denjenigen Zellen, welche im ausgebildeten Organismus der Thierwelt in bleibender Zellenform angetroffen werden, so haben wir dieselben, außer in den schon früher dargestellten Epidermis- und Epitheliumzellen (vergl. 3. Brief, Fig. 46, 47) und den gleichfalls schon erwähnten Samenzellen (Fig. 50), vorzugsweise in den organischen Flüssigkeiten zu suchen, wo sie sich als kleine, mikroskopische Körperchen schwimmend vorfinden. In den festen Gebilden hat die Zelle, bis auf wenige Ausnahmen, sich in Röhren- oder Fasergestalt fortgebildet und stellt dadurch gerade die eigenthümlichen thierischen Gewebe dar.

Die charakteristische, besondere Substanz im Thiere, wo-

durch sich dasselbe ganz entschieden von der Pflanzenwelt unterscheidet, ist die Nervenmasse, jener eigenthümliche Stoff, welcher Empfindung und Bewegung, als willkürliche Reaction gegen den empfundenen Reiz, besitzt. Thiere auf unterster Stufe, mögen sie auch nicht über die Urform einer isolirten Zelle hinaus sich ausbilden, sind nichts Anderes, als Nervenmasse mit den charakteristischen Eigenschaften der Empfindung und Bewegung. In höheren Thieren sondert sich diese Masse als eine spezifische Form von den übrigen Substanzen ab, letztere, jedenfalls nur Umwandlungen der Ur-Nervenmasse und deshalb auch immer ihren ursprünglichen Antheil an den Eigenschaften derselben beibehaltend, differenziren sich in mannichfache Formen, während die zum eigentlichen Nervensysteme sich ausbildende Substanz vorzugsweise die Empfindung und Bewegung repräsentirt, indem alle Reize ihr zugeleitet werden müssen und sie die Reaction der Bewegung auf ein anderes Gebilde überträgt, welches man Muskel nennt.

Das Nervensystem unterscheidet sich in seiner Form und Bedeutung in zweifacher Weise. Seine höchste Potenz und Lebenswichtigkeit concentrirt es in gewissen Centraltheilen, welche man Gehirn und Rückenmark nennt, während es seine Herrschaft über den ganzen Organismus dadurch vermittelt, daß es von seinen Centraltheilen feine, fadenförmige sogenannte Nervenfasern nach allen Punkten des Organismus hinsendet und durch sie seine Aktionen ausführt, während wiederum aus allen Gegenden des Leibes gleiche Fädchen nach den Centraltheilen laufen, um hier die Zustände der verschiedenen Leibesregionen zu rapportiren.

Das Nervensystem ist demnach ein wahrer Monarch des thierischen Organismus, der auf den Bahnen seiner auslaufenden, centrifugalen Fasern, gleich electromagnetischen Telegraphenlinien, seine Tendenz, sein Wollen, seine Action in Bildung und Bewegung aussendet und auf anderen, einlaufenden, centripetalen Fasern von allen Punkten seines Reiches Mittheilungen von Stimmungen, Bedürfnissen, Reizen und Störungen empfängt, um darauf zu reagiren durch Bewegung, Bildungstrieb oder Bethätigung eines Absonderungsorgans.

Das Bild eines electromagnetischen Telegraphen wird uns um so mehr dabei vergegenwärtigt, wenn wir erfahren, daß, ebenso wie dort eine geheimnißvolle Strömung des Electromagnetismus von der Batterie durch fortleitende Drähte ausläuft und durch zuleitende Drähte wieder zurückkehrt (also im Kreislaufe einer geschlossenen Kette), auch von den Centraltheilen des Nervensystems aus eine geheimnißvolle Strömung in den centrifugalen Nervenfasern nach den peripherischen Punkten fortläuft und in den centripetalen Fasern zurückkehrt. Man hat diese mystische Strömung Innervation genannt, ohne ihr Wesen zu kennen, doch ist sie, wenn auch in ihren Erscheinungen mit dem Electromagnetismus verwandt, doch ein ganz anderes ätherisches Fluidum, sie hat andere Isolationsbedingungen, denn während eine feuchte Umhüllung den electromagnetischen Strom aus seiner Isolation bringt, hat die feuchte Scheide, worin die Nervenfasern eingebettet liegen, keine derartige Wirkung auf die Innervation.

Die höchste Instanz und das oberste Centrum des Ner-

vensystems, gleichsam der Sitz des Monarchen im Organismus, ist das Gehirn — ihm zunächst ist das Rückenmark sein wichtigstes Werkzeug, namentlich in seinem obersten Theile. Alle Zuleitungen und Rapporte, welche die centripetalen Fasern aus den verschiedenen Provinzen des Organismus zum Gehirn leiten, kommen zum Bewußtsein des Lebens und es wird darauf mit Bewußtsein geantwortet durch Bewegung, Bildungstrieb oder Absonderung. Wie könnte aber der Monarch sich um alle täglichen, kleinen Zustände seines Reiches bekümmern, wenn er nicht seine höheren Thätigkeiten dadurch zerstreuen sollte? Deshalb sorgte auch die Natur dafür, daß die alltäglichen Geschäfte der organischen Verfassung nicht für gewöhnlich zum Gehirn und damit zum Bewußtsein des Lebensmonarchen rapportirt werden, indem sie Unterbeamte, Unterbehörden anlegte, welche die empfangenen Zuleitungen aus der niederen Verfassung des Lebens, die eben nur mit der Oekonomie und täglich sich wiederholenden Nahrungssorge und Lieferung zu thun haben, nach einmal erhaltenem höheren Willen verwalten. Solche Unterbehörden im Nervensysteme sind die sogenannten Nervenknoten, Ganglien, welche die aus der Bildungssphäre kommenden und dahin laufenden Nervenfäden an gewissen Punkten umlagern und in denen höchst wahrscheinlich auch untergeordnete Leiter ihr centrales Ende finden oder ihren Anfang nehmen. Solche Ganglien liegen namentlich im Unterleibe und hier sind sie die wahren Unterbehörden für die Verdauung, Absonderung und Saftbereitung. Sie lassen die Zuleitung zum Gehirn nicht für gewöhnlich zu, damit nicht auf jeden Rapport aus dem Bil-

dungsleben der Monarch, das Bewußtsein, mit Absicht darauf zu handeln braucht, sie empfangen die Zuleitungen aus den Regionen der Verdauung, Secretion und Excretion und antworten darauf durch organische Gesetzbestimmung und Bewegung, ohne daß das Gehirn Bewußtsein davon hat. Hätte die Natur dies nicht so weise eingerichtet, dann müßte das Thier, so auch der Mensch, immer an sein Bildungsleben erinnert werden, es würde ihm rapportirt, daß dieser oder jener Darmtheil sich zu bewegen, diese oder jene Drüse Saft abzusondern, die Gallenblase jetzt ihren Inhalt zu ergießen, diese oder jene Stelle Mangel oder Ueberfluß habe und es müßte auf alle diese organischen Lebensbedürfnisse mit Bewußtsein und Willkür vom Gehirn aus geantwortet, durch eine Action verfügt werden, wir Menschen namentlich würden gar keine Zeit zu höheren Lebensfunctionen haben und stets denken müssen: jetzt mußt Du den Magen bewegen, den Bauchspeichel ergießen, die Galle bereiten, die Speisen durch den Dünndarm pressen u. s. w., und daß dabei recht oft eine solche Arbeit vergessen und die Oekonomie des Lebens in Gefahr gerathen würde, erleidet keinen Zweifel. Die wichtigen Functionen der Selbsterhaltung entzog aber die Natur dadurch der Willkür des Thieres und Menschen, daß sie die Ganglien an die Nervenbahnen anlegte, welche, einmal vom Verfassungsgeiste des Lebens und von der Regierungstendenz influirt, nur als willenlose, blos ausführende Unterbehörden dem Bildungsleben vorstehen, die Rapporte nicht zum Gehirn durchlassen, sondern instinktmäßig darauf reagiren und nur einen allgemeinen, *summarischen* Bericht vom Gesammtzustande ihrer Provinzen an das Gehirn

gelangen lassen, welcher als Gemeingefühl bewußt wird und, je nach dem summarischen Ausdrucke des organischen Lebens, als Gefühl von Wohlsein oder Unwohlsein empfunden wird. Nur zuweilen, wie es auch im monarchischen Staate der Fall ist, brechen solche centripetale Zuleitungen durch die Ganglien hindurch, wenn ein heftiger Reiz sie anregte oder revolutionäre Bewegungen und Verstimmungen einzelne Organe in ungewöhnliche Aufregung brachten; dann wird das Bewußtsein davon benachrichtigt und es geschehen bewußte Reactionen dagegen, wie das in Krankheiten so deutlich der Fall ist.

Wodurch unterscheiden sich nun aber die Centralorgane des Nervensystems von den leitenden Bahnen, welche man schlechtweg Nerven zu nennen pflegt? Diese Frage führt uns in ihrer erfahrungsmäßigen Beantwortung auf eines der interessantesten Gebiete der mikroskopischen Entdeckungen im thierischen Organismus. Ueberall da, wo Centralmasse vorhanden ist, da verräth sich die Nervenmasse nicht nur dem unbewaffneten Auge durch ihre graue Farbe und ungefaserte Structur, sondern auch mikroskopisch durch eigenthümliche Zellen, Nervenbläschen, welche die Nervenfasern, die eine weiße Farbe haben, im Gehirne, Rückenmarke und in den Ganglien umlagern. — Diese Nervenzellen sind der wahrhafte, formelle Ausdruck der organischen Staatsdienerschaft, wie man diese im politischen Staate an der Uniform erkennt — überall, wo solche Nervenzellen gelagert sind, da deutet das Leben an, daß hier eine höhere, empfangende und verfügende Behörde etablirt sei und dem zu Folge findet man diese Zellen vor Allem da,

wo alle Nervenfasern (vielleicht mit wenigen Ausnahmen der unteren Vegetationssphäre) Anfang und Ende finden, nämlich im Gehirn und oberen Theile des Rückenmarkes, während das letztere in seinem weiteren Verlaufe vorzüglich der Hauptstamm ist, durch welchen die leitenden Fasern nach allen Gegenden des Körpers auslaufen oder von dort zurückkehrend zum Gehirn aufsteigen — und die Ganglien als Massen grauer Nervenzellen erscheinen, welche sich an die Fasern auf ihrem Wege anlegen und vielleicht manchen Nervenfädchen der Bildungssphäre zum End- und Anfangspunkte dienen. Unter dem Mikroskope erscheint diese graue, centrale Masse der Art, wie Fig. 92 darstellt.

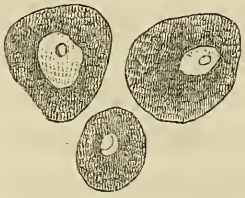


Fig. 92.

Sie sind kleine, unregelmäßige, meist eckige, herzförmige, auch wol in Fortsätze verlaufende Zellchen, welche deutlich mit einem hellen Kerne, der oft wieder kleinere in sich schließt, und mit einer feinkörnigen, grauröthlichen Flüssigkeit gefüllt sind. Ihre Größe ist sehr verschieden; es giebt große, welche im Durchmesser den 50. Theil einer Linie messen, während andere nur die Größe von dem 100. Theile einer Linie erreichen. — Man nannte sie Belegungsbläschen und die graue Substanz überhaupt Belegungsmasse, weil sich diese Zellchen da, wo sie sich finden, immer nur an und zwischen die feinen Nervenfasern legen, ohne jemals mit ihnen in einem festen Zusammenhange zu stehen. Die Fasern sind also nur von den Zellchen belegt, gleichsam wie die Leitungsdrähte der electromagneti-

schen Telegraphen an ihren Endpunkten oder unterwegs auf Zwischenstationen mit galvanischen Apparaten in Berührung stehen. Die Nervenfasern sind nämlich äußerst feine Röhrchen, die höchstens eine Dicke von $^1/_{200}$—$^1/_{500}$ Linie haben und im Leben mit einer äußerst zarten, durchsichtigen Flüssigkeit gefüllt sind, welche sofort im Tode gerinnt. Fig. 93 a stellt solche Nervenröhren in bedeutender Vergrößerung

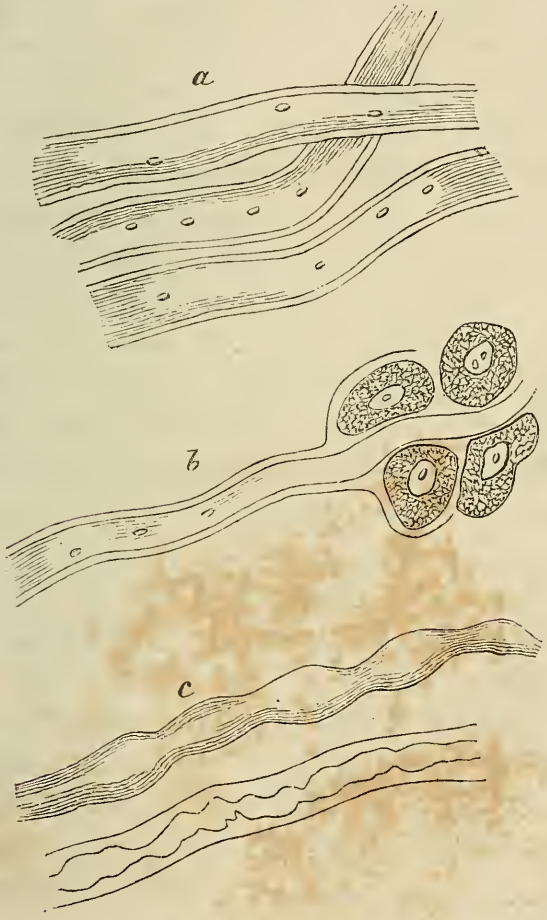


Fig. 93.

vor und man sieht in b ein Stückchen aus dem Centraltheile, wo sich die grauen Nervenzellchen an sie legen. Im Gehirn, wo sie von dieser Belegungs-Zellenmasse umlagert ihre äußere, feste Hülle, Scheide, nicht mehr führen, erscheinen sie im Tode gewöhnlich perlschnurartig, wie in c, wie sie im Leben wol nicht sein werden, indem der im Tode schnell gerinnende Inhalt die zarten, ihrer Scheide beraubten Röhrchen wahrscheinlich varikös verändert. Diese Nervenröhrchen haben noch eine Merkwürdigkeit, welche uns wieder an electrischmagnetische Leitung erinnert, daß sie nämlich als äußerst feine Kanälchen erscheinen, welche, jedes mit einer Scheide umhüllt, sich niemals verzweigen, sondern ununterbrochen von ihrem Centralpunkte bis zu ihrem peripherischen Endpunkte laufen; mögen sie auch bald zu diesem größeren Nervenaste oder zu jenem unterwegs treten, sie werden nur zeitweise mit angeschlossen und eingebündelt, um isolirt ihren End- und Zielpunkt zu erreichen. Die Nerven, welche wir mit bloßen Augen im thierischen Körper sehen und die sich vielfach verzweigen, sind nichts Anderes, als große Summen zusammengebündelter Nervenröhren, von denen jede ihr eigenes peripherisches Ziel hat, das bei mehren, in einem sichtbaren Nerven zusammenliegenden Röhrchen weit auseinander liegen kann. Das Verhalten dieser zarten Röhren, von denen jede einem isolirten, ununterbrochenen, electrischen Leitungsdrahte gleicht, stellt sich in einem sichtbaren Nervengeflechte z. B. so dar, wie Fig. 94 versinnlicht. Die Röhre a kann, obgleich jetzt dicht neben der Röhre b liegend, von einem ganz anderen Centraltheile aus-

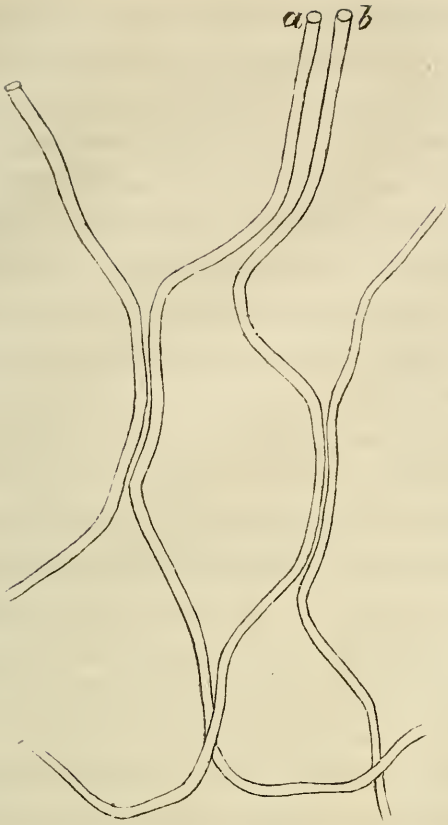


Fig. 94.

gegangen sein und zu ganz anderen Regionen laufen, als b; sie kann ganz andere Functionen haben (Energie), und doch liegen beide hier zeitweise auf ihrem Laufe nebeneinander, wie zwei electrische Telegraphendrähte, von denen einer von Berlin nach Köln, ein anderer von Leipzig nach Hamburg läuft und welche beide ganz verschiedene Depeschen leiten, dennoch bei Magdeburg dicht nebeneinander auf einer Stange laufen können. —

Ob diese feinen Nervenröhren nun an ihren äußersten, dem centralen Auslaufspunkte entgegengesetzten Endpunkten auch wirklich enden oder sich schlingenförmig wieder umbiegen, um auf anderen Wegen wieder nach dem Centrum zurückzulaufen, darüber ist man in der Wissenschaft zur Zeit noch nicht ganz im Klaren, doch gewinnt die Ansicht von der peripherischen Nervenumbiegung, so daß also auslaufende und zurückkehrende Faser *eine* ununterbrochene Leitungsröhre bilden, immer mehr Anhänger und erfahrungsmäßige Bestätiger.

Durch diese ungetheilte und isolirte Gestalt jeder einzelnen Nervenröhre, trotz dem, daß sie auf ihren Wegen zwischen Ursprung und Zielpunkt so mannichfache Geflechte bilden, wird es nun erklärlich, daß die Empfindung jeder kleinsten Körperstelle, z. B. eines mit der Nadelspitze berührten Punktes der Haut, ganz isolirt und präcise zum Gehirn geleitet wird, denn jede peripherische Stelle ist durch eine isolirte, leitende Nervenröhre im Centrum, im Gehirn, repräsentirt. Zu diesem Zwecke muß allerdings die Natur eine außerordentliche Menge solcher Leitungsröhrchen angelegt haben, und daß dieses wirklich der Fall ist, hat das Mikroskop entdeckt, indem die Natur im kleinsten Raume die zartesten Gebilde zu schaffen wußte. Wie viele solcher feiner Nervenröhrchen, von denen der Durchmesser zwischen $^1/_{200}$—$^1/_{500}$ Linie schwankt, gehören dazu, um erst einen der dünnsten sichtbaren Nerven darzustellen! Das Rückenmark ist der Hauptstamm der vom Gehirn auslaufenden und dahin zurückkehrenden Nervenröhren, welcher durch seine vierundzwanzig Paare ablaufender Aeste die feinen Röhrchen

ausschickt oder wieder sammelt — betrachten wir diese 48 einzelnen Nervenzweige, welche vom Rückenmarke entspringen, und nehmen nach vergleichender Schätzung an, daß jeder Zweig die Dicke einer Quadratlinie hat, so enthalten allein schon die 24 Paare Rückenmarksnerven die ungeheuere Summe von 4,320,000 einzelner Nervenröhrchen! — Diese laufen nur zum Rumpfe und den Gliedern, während die übrigen Leibestheile ihre Nerven direct vom Gehirn erhalten; rechnen wir nun von diesen 4,320,000 feinen Röhrchen die Hälfte als auslaufende, centrifugale, die andere Hälfte als einlaufende, centripetale, also von verschiedenen peripherischen Punkten nach dem Gehirn zurücklaufende Leitungsröhrchen, dann werden allein schon auf diesem Wege durch das Rückenmark 2,160,000 peripherische Stellen im Gehirn repräsentirt.

Was nun die Lagerung der auslaufenden und zurücklaufenden Nervenröhrchen anbetrifft, so hat die Natur die Anordnung getroffen, daß die auslaufenden möglichst auf ihrem Wege zusammenliegen und ebenso auch die rücklaufenden Röhrchen. Deshalb ist ein vom Gehirne oder Rückenmarke kommender Nervenast anfangs von einer der Summe seiner zusammenliegenden Röhrchen entsprechenden Dicke; er wird um so dünner, je mehr Aeste er auf seinem weiteren Laufe abgiebt, d. h. je mehr Röhrchen sich von der zusammengebündelten Summe trennen, um ihren Bestimmungsort zu erreichen. Ebenso nehmen die aus der Peripherie nach dem Gehirn zurücklaufenden Nerven immer mehr an Dicke zu, je mehr Aeste hineintreten, also je mehr aus verschiedenen Regionen sich sammelnde Leitungsröhrchen zu einem ge-

meinschaftlichen Wege nach dem Gehirn zusammentreten. Man findet deshalb ganze Nervenstämme mit vielen Aesten, welche nur auslaufende, und wieder andere, welche nur einlaufende Röhrchen enthalten, und da das sichtbarste und vorzüglichste Phänomen der auslaufenden Röhrchen die Bewegung, das wahrnehmbarste Phänomen der Leitung rücklaufender Röhrchen die Empfindung ist, so nennt man alle solche nur auslaufende Röhrchen enthaltende Nerven: Bewegungsnerven, und alle, nur rücklaufende Röhrchen enthaltende: Empfindungsnerven. Es kommen aber auch gemischte Nerven vor, wo beide Arten von Röhren nebeneinander liegen. Am Entschiedensten getrennt liegen die Bewegungs- und Empfindungsnerven im Laufe durch das Rückenmark. Dasselbe bildet zwei vordere und zwei hintere Stränge, welche durch eine graue, aus Nervenzellchen gebildete Masse von einander geschieden sind. Alle Nerven der beiden vorderen Stränge und ihrer sämmtlichen zwölf Paare austretender Aeste enthalten nur allein Bewegungsnerven oder eine ungeheuere Summe vom Gehirn auslaufender Röhrchen, während alle Nerven der hinteren Stränge und der davon austretenden oder richtiger gesagt eintretenden zwölf Paare Aeste nur allein Empfindungsnerven oder nach dem Gehirne zurücklaufender Röhrchen enthalten. Man kann sich davon recht augenscheinlich überzeugen; denn durchschneidet man einem Thiere die vorderen Rückenmarksnerven, so hört augenblicklich alle Bewegung in den Theilen auf, wohin jene Nerven sich verbreiten, während die Empfindung nicht im Mindesten gestört

ist; durchschneidet man dagegen nur die hinteren Rückenmarksnerven, so ist augenblicklich die Empfindung verloren, ohne daß die Bewegungsfähigkeit der empfindungslosen Leibestheile auch nur im Geringsten unterbrochen wäre.

Ich sagte, daß Bewegung und Empfindung die sichtbarsten und wahrnehmbarsten Phänomene der centrifugalen und centripetalen Nervenröhrchen-Leitung seien. Es giebt aber noch andere, spezifische ausströmende und einströmende Actionen, sogenannte besondere Energieen, wozu die Natur wieder besondere Nervenröhrchen angelegt hat. — Eine auslaufende Röhre, welche durch ihre vom Gehirn ausgehende Strömung Muskelbewegung hervorbringt, hat nur allein diese Energie und kann nichts Anderes bewirken. Dagegen giebt es aber auch Röhrchen, deren innere Strömungen andere spezifische Actionen vermitteln, die z. B. dem organischen Haushalte des Lebens vorstehen, die chemischen, physikalischen und plastischen, der Willkür und dem Wissen des Individuum entzogenen unsichtbaren Elementarbewegungen beherrschen und leiten, die, gewissermaßen vom Gedanken der animalen Natur durchhaucht, ununterbrochen und in geheimnißvoller Periodicität den ökonomischen Lebenskreis beherrschen. Sie sind namentlich von jenen Ganglien umlagert, welche aus Nervenzellen gebildet, eine dem Gehirn untergeordnete centrale Bedeutung haben und, ohne alle Einzelnheiten des Bildungslebens an das Gehirn, das Organ der bewußten Empfindung und Bewegung, zu berichten, dem organischen Haushalte erfühlend und reagirend vorstehen. — Aber noch andere Energieen finden wir auch im bewußten Leben der Nervenleitung. So hat der Sehnerv

mit seinen unzähligen aus- und einlaufenden Leitungsröhrchen die spezifische Eigenschaft, alle Reize als Licht zu empfinden. Und wäre er auch in einem dunkeln Raume, jeder Reiz, mag er mechanisch durch Druck oder Blutandrang verursacht werden, er wird die zum Gehirn leitenden Nervenröhrchen irritiren und die Empfindung von Licht bewirken, niemals aber Schmerz vermitteln können. So kann jeglicher Reiz der Gehör- oder Riechnerven, auch ohne Schall- und Geruchstoffe, in diesen Röhrchen nur die Empfindung von Schall oder Geruch hervorbringen, bekannte Phänomene, welche man subjektive Sinnesempfindungen zu nennen pflegt. Durchschneidet man einen Bewegungsnerven, einen Sehnerven, so wird keine Spur von Schmerz dabei zum Bewußtsein gelangen, es wird bei ersterem nur Lähmung, bei letzterem nur momentane Lichtempfindung und darauf Dunkelheit die Folge der Verletzung sein. — In diesen Sinnesnerven müssen aber auch centrifugale Röhrchen liegen, welche ihre ausströmende Leitung nicht durch sichtbare Bewegung äußern, denn die Bewegungsnerven laufen auf besonderen Bahnen zu Auge, Ohr ꝛc. Wenn wir in Gedanken, Zerstreuung oder Schläfrigkeit ein Bild oder eine Musik an uns vorübergehen lassen, so empfangen Seh- und Gehörnerven in dem Theile ihrer centripetalen Röhrchen allerdings den spezifischen Reiz, aber unser Bewußtsein hat keine bestimmte, klare Vorstellung von Bild oder Musik. Jetzt werden wir aber aufmerksam, richten unsere Geistesthätigkeit darauf, Bild und Musik werden uns verständlich, das Auge bekommt einen lebendigeren Ausdruck, das Ohr schärft sich, also mußte vom Gehöre aus,

auf dem Wege der centrifugalen Leitungsröhrchen, eine Strömung nach Auge und Ohr fortlaufen, die keine sichtbare Bewegung, wol aber größere Spannung der Gewebe verursachte, deren Resultat wir gewöhnlich Aufmerksamkeit nennen. Dieses Beispiel wird es erklären, wie verschieden die spezifischen Strömungen in den dazu besonders qualificirten Nervenröhrchen sein können, obgleich diese, außer verschiedener Dicke und Feinheit, keine auffallende formelle Unterschiede verrathen. —

Man hat die grauen Nervenzellchen in Summa auch wol Belegungsmasse genannt. Diese Zellenmasse, welche in Gehirn, Rückenmark und Ganglien, also da, wo eine Zuleitung empfangen und eine Reaction geweckt wird, die durchlaufenden oder endenden Nervenröhrchen nur umlagert, also nur berührt, verhält sich zu den Leitungsröhrchen ebenso wie die galvanische Batterie oder der Schließungsdraht zu den leitenden Drähten der electromagnetischen Telegraphen. In diesen Zellchen scheint die strömende Innervation erzeugt zu werden, sie sind davon erfüllt und geladen, wie electrische Flaschen. — Eine peripherische Zuleitung bringt sie in vermehrte Spannung und diese entladet sich dann auf gewisse entsprechende auslaufende Leitungsröhren nach einer bestimmten Statik. Nur ungewöhnliche, heftige Zuleitungen (Empfindungen) können eine explosive Entladung auf weitere Gruppen von auslaufenden Röhren (Bewegungsnerven) zur Folge haben, woraus sich z. B. die plötzlichen Zuckungen des ganzen Körpers bei Schreck oder unerwartetem Schmerz erklären. Daß diejenigen Nervenröhren, welche auf ihrem Wege zwischen Gehirn und Peripherie

von grauen Zellchen umlagert werden, wie im Rückenmarke und den Ganglien, ihre Zuleitungen nicht für gewöhnlich zum Gehirn (Bewußtsein) fortsetzen und ihre Ausströmung schon von der Zwischenstation aus angeregt erhalten, wird aus der Bedeutung der Belegungsmasse und aus einer sinnlichen Vergleichung mit dem electrischen Telegraphen verständlich. Die Belegungsmasse ist die geladene Batterie, welche die Kette des aus- und rücklaufenden Leitungsröhrchens schließt, die Strömung von einer auf die andere überträgt. Im Gehirn geschieht dies mit Bewußtsein, und da alle Röhrchen innerhalb ihres Laufes in Belegungsmasse keine isolirende Scheide besitzen, so muß das Uebertragen der Strömung dadurch vermittelt werden. Denken wir uns in Berlin die Centralbatterie eines nach Braunschweig laufenden und von hier wieder nach Berlin zurückkehrenden Drahtes. So oft der electromagnetische Strom in den Draht geleitet wird, soll in Braunschweig eine Glocke anschlagen, also eine Bewegung entstehen. — Nun aber wird auf der Zwischenstation, z. B. in Magdeburg, eine Batterie an die Drähte gebracht, eine Strömung nach Braunschweig geleitet, die Glocke schlägt hier an, ohne daß man in Berlin etwas davon erfährt. — Hier haben wir ein vergleichendes Bild von den unbewußten Nervenactionen im thierischen Organismus. Die graue Belegungsmasse unterbricht die Zuleitung zum Gehirn unterwegs, überträgt den Strom auf auslaufende Röhrchen, schließt dadurch als Zwischenstation die Leitungskette und das Gehirn ist davon nicht weiter unterrichtet. Da solche graue Belegungsmasse aber im Rückenmarke und in den

Ganglien liegt, so gehen von diesem aus auch die bewußtlosen und die sogenannten Reflexbewegungen aus. —

Eine interessante Eigenthümlichkeit der centripetalen Nervenröhrchen ist es, daß sie einzig und allein nur ihren äußersten, peripherischen Anfangspunkt im Centrum vertreten und alle Eindrücke, die sie auf ihrem Laufe erhalten, immer nur als im peripherischen Punkte geschehen zum Gehirn leiten. Stößt man sich z. B. auf den inneren Knöchel des Ellbogens, dann schmerzt der kleine Finger bis in seine Spitze, weil an der Stelle, wo man anstieß, der Nerv liegt, welcher die aus dem kleinen Finger nach dem Gehirn zurücklaufenden Nervenröhrchen enthält. Ein Reiz, den sie auf ihrem Wege erleiden, kömmt also im Gehirn nur an der Stelle zum Bewußtsein, welche jede einzelne Röhre als ihren äußersten peripherischen Anfangspunkt repräsentirt. So hat ein Mensch, welcher längst einen Arm oder ein Bein verlor, immer noch das Gefühl davon; wenn der Stumpf kalt wird, so friert ihm Hand oder Fuß — die er doch nicht mehr hat — und es erklärt sich dieses Phänomen daraus, daß in dem durchschnittenen Nerven am Gliedstumpfe alle rücklaufenden Röhrchen liegen, welche ursprünglich von Hand oder Fuß kamen und diese peripherischen Punkte noch im Gehirne repräsentiren, also alle auf ihrem Laufe erhaltenen Reize immer wieder als äußerste peripherische zum Bewußtsein bringen. Im Gehirn liegen deshalb Millionen peripherischer Punkte des Organismus durch ebenso viele Nervenröhrchen repräsentirt. —

Das sichtbarste Phänomen centrifugaler Nervenströ-

mung ist die Bewegung. Verfolgen wir dasselbe weiter, so treffen wir auf ein neues, interessantes Elementargebilde des thierischen Organismus, auf die sogenannte Fleisch- oder Muskelfaser. Dieselbe ist das von der Natur angelegte Werkzeug, wodurch die centrifugale Strömung das Phänomen der Bewegung vermittelt, indem das Nervenröhrchen sich an dieselbe legt und dadurch ein merkwürdiges Zusammenziehen derselben veranlaßt, ähnlich wie ein electro-galvanischer Strom das Eisen magnetisch macht, so lange er isolirt um dasselbe wegläuft und dadurch eine Anziehungs-Bewegung hervorruft. Auch die Muskelfaser ist eine Fortbildung der Zellen, indem diese reihenweise mit einander verschmelzen, sich zu soliden, nicht hohlen Fasern gestalten und durch ihr Aneinanderfügen eine Spur ihrer früheren Scheidewände als feine Querstreifen zurücklassen. Es giebt zwei verschiedene Formen von Muskelfasern, die im Allgemeinen aus einer röthlichen weichen Substanz gebildet sind. Alle solche Muskeln, welche nicht unter der Willkür, also nicht unter directem Einflusse des Gehirns stehen, erscheinen in ihren feinsten Elementarfasern durchaus glatt, ohne Querstreifung und haben eine blasse Färbung, alle der Willkür unterworfenen Muskeln bestehen aus äußerst feinen Fasern, die einer Perlenschnur gleichen, also dadurch die frühere Bildung aus Zellenreihen recht deutlich verrathen. Eine solche perlschnurähnliche Faser, welche so außerordentlich zart ist, daß sie höchstens einen Durchmesser von $^1/_{600}$—$^1/_{800}$ Linie mißt, liegt immer mit mehren anderen zusammen in einer gemeinschaftlichen Hülle, und eine solche zusammengebündelte Menge in einer Scheide, welche dann

die Dicke von $^1/_{40}$—$^1/_{200}$ Linie hat, je nachdem viele oder wenige Perlschnürchen zusammenliegen, nennt man erst eine Muskelfaser, während die einzelnen Fädchen Primitivfasern heißen. Fig. 95 giebt Abbildungen davon. In

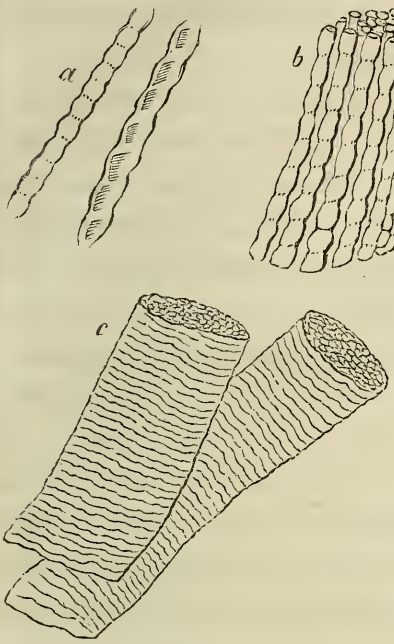


Fig. 95.

a sehen wir eine isolirte, perlschnurförmige Primitivfaser in ansehnlicher Vergrößerung. In b ist ein Bündel solcher Fäserchen dargestellt, die eine Muskelfaser bilden. Da diese nun mit einer gemeinschaftlichen Hülle umschlossen sind, so bekommt dieselbe durch die Form der Primitivfäserchen ein quergestreiftes Ansehen und eine stark vergrößerte Muskelfaser stellt sich dem Auge so dar, wie in c gezeichnet ist. Unzählige solcher Muskelfasern bilden dann die Muskelbündel und diese wieder den ganzen Muskel. Alle Primitivfasern sowol, wie die daraus zusammengebündelten Muskelfasern, liegen immer parallel nebeneinander, nirgends findet man eine Kreuzung- oder Verästelung, was ihrer Action völlig entspricht. — Ihrer chemischen Zusammensetzung nach besteht die Muskelsubstanz aus den Bestandtheilen des Blutes, ist demnach eine ächt organische, thierische Bildung. Daß

die unwillkürlichen Muskeln in ihrer feinen Elementar-Faser eine andere Gestalt als die willkürlichen Muskeln zeigen, ist jedenfalls Zeugniß davon, wie hier ein Lebensakt spezifischer Natur wirksam ist, der, geheimnißvoll dem Willenseinflusse entzogen, in den Bewegungen des Darmkanals, des Herzens u. s. w. sich kundgiebt.

Die interessanteste Erscheinung der Muskelfasern ist ihre Zusammenziehungs-Fähigkeit, sobald eine centrifugale Nervenströmung durch die feinen, leitenden Nervenröhrchen über sie hingeht. Man wird hierbei immer an den galvanischen Strom erinnert, der, so lange er das Eisen umkreist, dasselbe magnetisch macht, worauf ja die Praxis unserer Telegraphen begründet ist. Es entsteht also durch den galvanischen Strom eine Polarität im Eisen, ein Nord- und Südpol, und da beide entgegengesetzte Pole sich anziehen, so würde auch das Eisen sich zusammenziehen müssen, wenn seine harte Masse nicht Widerstand leistete. Auf ähnliche Weise muß man sich die Contraction der Muskelfaser erklären. Die blitzschnell vom Gehirn aus über sie hinströmende Kraft, welche wir Innervation nennen, polarisirt augenblicklich die Muskelfaser, die Polaritäten ziehen sich an, die weiche Faser widersteht nicht, sie zieht sich zusammen, indem sie sich wellenförmig in ein feines Zickzack krümmt und damit verkürzt. So lange der Nervenstrom über sie hinläuft, so lange dauert diese polare Anziehung, mit seinem Aufhören ist die Polarisation der Faser verschwunden, die Zusammenziehung ist zu Ende, der Muskel verlängert sich wieder. Die Verkürzung eines Muskels, also seine Action der Bewegung, ist jedesmal das Resultat der Contraction von

Millionen feiner Fasern, die momentan vom Nervenstrome polarisirt wurden. —

Verfolgen wir nun die Zelle als solche ferner im thierischen Organismus, so begegnen wir ihr noch mehrfach in verschiedenen Flüssigkeiten, wo sie durch ihre Gegenwart gerade der Flüssigkeit den spezifischen Charakter verleiht — wir finden sie ferner als Theil fester Gewebe erstarrt und in ihrer Gestalt verschieden modificirt. Die bedeutendsten Flüssigkeiten des thierischen Organismus sind aber: Lymphe und Chylus, Blut, Milch und Samen. Die eigenthümlichen, für besondere Thiere gehaltenen Zellen in letzterer Flüssigkeit haben wir bereits kennen lernen (vergl. Fig. 50), es bleibt uns deshalb vornehmlich noch die Untersuchung der erstgenannten flüssigen Stoffe übrig.

Es findet sich im Organismus der Thiere ein besonderes Adersystem, welches in allen Theilen des Körpers mit feinen Wurzeln entspringt, sich immer mehr zu größeren Stämmen sammelt, oft sich in Knoten einschlägt, um dadurch seinen Weg zu verlängern, und endlich mit zwei Hauptstämmen jederseits im oberen Theile der Brust unter dem Schlüsselbeine in diejenigen Blutadern ergießt, welche auf dem directen Wege sind, ihr dunkles, aus dem Körper zurück nach dem Herzen fließendes Blut zunächst durch das Herz und von hier in die Lungen an die atmosphärische Luft zu führen. Man nennt dieses eigenthümliche System die Lymphgefäße und ihren Inhalt Lymphe und unterscheidet denjenigen Theil, welcher von den inneren Oberflächen des Darmkanals kommt und den aus der Verdauung bereiteten Ernährungssaft, Chylus, fortleitet. Die Lymphe und

der Chylus sind beide die wichtigen Flüssigkeiten, welche der Organismus überall aufsaugt, um sie zum Material der Blutbereitung zu verwenden, die Lymph- und Chylusgefäße saugen dasselbe mittelst Endosmose auf, assimiliren auf dem Laufe zur Einmündung in das Blut diese Stoffe immer mehr und machen sie zum wahren Grundstoffe aller ferneren Bildung. Diesen Lymphgefäßen ist es neben den feinen Blutäderchen mit zuzuschreiben, daß ein Mensch z. B. auch durch die Haut, durch den Mastdarm ernährt werden kann, denn wenn hier ernährungsfähige Stoffe eingerieben oder eingeführt werden, dann saugen die hier in großer Zahl liegenden Lymphgefäße und Venen die zur Bildung von Lymphe geeigneten Bestandtheile auf und leiten sie langsam fort in das Blut, um dasselbe daraus zu ersetzen. Da aber der natürliche Weg der Nahrungsstoffe durch Magen und Dünndarm geht, so ist namentlich der letztere von einer großen Menge solcher aufsaugenden Gefäße, die sich auf seiner inneren Schleimhaut in unzähligen Zotten, welche nur die aufsaugende Oberfläche vergrößern helfen, ausbreiten, umgeben und sie leiten den aus der Verdauung gewonnenen Bildungssaft in die Hauptstämme, welche sich in das Blut ergießen. Viele Thiere niederer Ordnung, welche kein rothes Blut führen, haben eigentlich nichts als Lymphgefäße und da die Lymphe eine helle, weißlich klare, milchige Flüssigkeit ist, so hat man sie einst auch weißes Blut genannt, und jene unteren Thiere: weißblütige. Je tiefer das Thier in seiner Organisation steht, um so wässeriger, pflanzenartiger erscheint dieser Bildungssaft.

Untersuchen wir nun den Chylus und die Lymphe mi-

kroskopisch, dann finden wir, daß beide aus einer durchsichtigen Flüssigkeit bestehen, in welcher eigenthümliche Kügelchen schwimmen, welche derselben die milchige Farbe geben. Je klarer deshalb diese Flüssigkeiten dem bloßen Auge erscheinen, um so weniger Kügelchen enthalten sie. Daß diese nicht mit aufgesogen sein können, leuchtet ein, wenn man thatsächlich erfährt, daß die feinen Wurzelanfänge aller Chylus- und Lymphgefäße durchaus keine offenen Mündungen haben (wie es auch im Blutgefäßsystem der Fall ist), sondern daß alle als feine blinde Schläuche beginnen. Das Durchdringen der Flüssigkeit in das Innere der feinen Röhrchen durch die Wandung geschieht also, wie wir bei allen Zellen bereits gesehen haben, mittelst der Endosmose und diese kann unter keiner Bedingung unaufgelöste Stoffe, viel weniger Kügelchen hindurchführen. Es bilden sich diese deshalb erst innerhalb der Lymph- und Chylusgefäße, ganz so, wie wir früher das Entstehen von Zellen in Flüssigkeiten kennen gelernt haben. Untersucht man ein Tröpfchen Chylus oder Lymphe im frischen Zustande unter einem Mikroskope, so erblickt man zwei Arten von Körperchen, unregelmäßig und regelmäßig geformte. Die unregelmäßigen Körperchen bestehen aus Fett, denn sie können, wie alles Fett, durch Aether aufgelöst werden und lassen nach dem Verdunsten Fetttropfen zurück. Sie schwimmen daher auch auf der Oberfläche des untersuchten Chyluströpfchens und haben weder einen Zellenkern noch eine bestimmte Gestalt. Anders verhalten sich aber die regelmäßigen Körperchen, sie sind wahrhafte, charakteristische Chyluskörper von gleicher Form, aber ungleicher Größe, meist von einem Durch-

messer, der den $^{16}/_{10,000}$ Theil eines Zolles erreicht. Sie sind in Aether und Wasser völlig unauflöslich und nur durch Ammoniak zur Auflösung zu bringen. Die kleineren Körper sind farblos, beinahe transparent, von glatter Oberfläche und rund — Fig. 96 a — und scheinen junge, auf der Entwicklung begriffene Formentheile des Chylus und der Lymphe zu sein — die größeren dagegen, Fig. 96 b, welche sich vorzüglich in dem Hauptstamme der Lymphgefäße finden, der sich in das Blut ergießt, sind Zellen mit einem deutlichen Kerne, gleichen den im Blute befindlichen Körperchen auffallend und verrathen sich deutlich als Vorbereitungsformen künftiger Blutzellen. — Ihre Form ist rund, etwas abgeplattet, sie haben mehre Kernkörperchen und bekommen dadurch ein körniges, allgemeines Ansehen. Eine bemerkenswerthe Eigenschaft dieser Körperchen ist noch die, daß sie eine große Neigung haben, sich zu röthen, also den Körperchen, welche im Blute schwimmen, ähnlich zu werden, was um so wichtiger wird, da sie, sowie sie von dem Hauptstamme der Lymphkanäle in das Blut einströmen, schnell durch das Herz in die Lungen getrieben werden, wo sie in chemische Berührung und Action mit der eingeathmeten Luft treten und als wirkliche Blutkörperchen wieder zurückkehren. Der Sauerstoff ist es ohne Zweifel, welcher diese Röthung bewirkt, denn da sie Kohle und etwas Eisen enthalten, so werden diese vom Sauerstoffe oxydirt und dadurch geröthet.

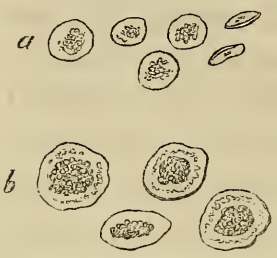


Fig. 96.

Dieser Lebensakt in mikroskopischer Kleinheit wird uns noch verständlicher, wenn wir die Formbestandtheile des Blutes, die eigenthümlichen Blutzellen näher betrachten. —

Legen wir die dünne Flughaut einer jungen Fledermaus oder die Schwimmhaut eines Frosches im unverletzten lebendigen Zustande unter das Mikroskop, dann werden wir, wenn wir den Anblick zum ersten Male haben, mit Ueberraschung vor einem wunderbaren, von hellen Kanälen durchzogenen Felde zu stehen glauben, durch dessen Räume unzählige kleine Körper von gleicher Gestalt und mit scheinbarer Willkür sich jagend und drängend fortbewegen. Was wir hier sehen, sind die feinsten durchsichtigen Blutgefäße, durch welche, von der Druck- und Pumpkraft des Herzens fortgetrieben, das Blut fließt, dessen wässrigen, serösen Theil wir nicht sehen, in welchem aber jene eigenthümlichen Zellen oder Körperchen schwimmen, die den eigentlich festen Theil des Blutes ausmachen und demselben seine rothe Farbe geben. Man nennt diese zellenartigen Gebilde: Blutbläschen oder Blutkörperchen, und hielt sie sogar früher, ihrer scheinbar willkürlichen Bewegung wegen, für spezifische Thiere, die man in der Zoologie als die Gattung Haematobium einführen wollte. Man erkannte aus vergleichenden Beobachtungen, daß mit der höheren Organisation der Thiere auch die Zahl der Blutkörperchen zunehme und die ungeheuere Menge, welche man davon in den höheren Säugethieren und namentlich im Menschen antrifft, hatte eine Zeit lang sogar zu der irrigen Vorstellung geführt, daß das Blut nichts weiter als Blutkörperchen

sei, welche wie Sandkörner durch die Adern rollen. Dieses ist aber nicht der Fall, denn die Blutmasse besteht aus einem farblosen flüssigen Theile, dem wahrhaften Bildungssafte des Organismus, und daher Plasma genannt, und aus den in dem flüssigen Theile schwimmenden Blutkörperchen, die deshalb eine andere Bedeutung haben müssen, als zur Bildung der Organe zu dienen. — Ehe man mit dem Mikroskope so tief und klar, wie es heutiges Tages der Fall ist, in die kleinsten Räume der organischen Natur eingedrungen war, dachte man sich, daß die Blutkörperchen gleichsam die Bausteine seien, aus welchen der Organismus seine Gewebe und Formen zusammensetze; indessen ist diese Vorstellung im entschiedensten Widerspruche mit der Beschaffenheit des Gefäßsystems, worin das Blut circulirt, und auch mit dem Akte der Bildung selbst. Das gesammte System von Blutkanälchen, welche man als Pulsadern und Venen, d. h. vom Herzen auslaufende und aus der Peripherie des Körpers zum Herzen wieder zurücklaufende Röhren unterscheidet, bildet nämlich ein vollkommen in sich geschlossenes Röhrensystem, welches nirgend, auch in seinen feinsten mikroskopischen Verzweigungen, wo das zarteste Pulsäderchen, zum Herzen umkehrend, in die feinsten Venenstämmchen übergeht, eine freimündende Oeffnung hat; die feinsten Aederchen sind meist nur so weit, daß sie dem Durchmesser eines Blutkörperchens nicht einmal entsprechen, aber sie sind in sich geschlossen und erlauben keinem Körperchen anders den Austritt, als wenn sie verletzt werden. Dann aber nennt man dies eine Blutung und diese ist nichts Normales im Organismus. Es kann

also nur der dünnflüssige, eistoffige Theil des Blutes, das Plasma, sein, welches mittelst Exosmose durch die zarte Wandung der feinsten Blutgefäße tritt und die Gewebe durchdringt und mit Bildungsstoff sättigt; wo aber Exosmose ist, da findet auch Endosmose Statt, es treten durch die feine Kanalwand ebenso wie durch die Membran einer Zelle flüssige aufgelöste Stoffe wieder in die Blutbahn zurück, und zwar sind dies die vom Leben verbrauchten verkohlten Stoffe, welche das zum Herzen rückfließende Blut dunkel färben und unterwegs auf verschiedenen Stationen, welche man Absonderungsorgane nennt, wiederum durch die Exosmose in andere Röhren und Behälter abgesetzt werden, um ihren Weg aus dem Körper als Aussonderungen (Excrete) zu finden. — Diese wichtige Function des Blutes, durch seinen Kreislauf überall in alle Regionen des Organismus den Bildungsstoff hinzuführen und die verbrauchten Stoffe wieder aufzunehmen und auszuscheiden, wird uns noch verständlicher werden, wenn wir erst das Leben der kleinen Blutkörperchen näher begriffen haben.

Vergleichen wir die Körperchen mit einander, welche

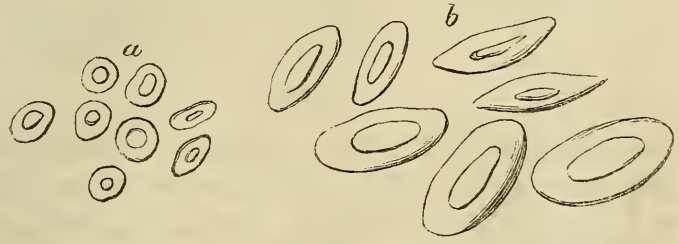


Fig. 97.

wir, wie Fig. 97 a und b versinnlicht, in der durchsichtigen Flughaut einer Fledermaus (a) und in der zarten

Schwimmhaut eines Frosches (b) gewahren, so fällt uns sofort die Verschiedenheit ihrer Form auf. In dem Blute der Fledermaus, einem Säugethiere, sehen wir sie rund, linsenförmig, in dem Frosche, einem Amphibium, dagegen elliptisch, mit einem größeren in die Augen fallenden Kerne und überhaupt von größerer Gestalt. Es ist nämlich die Form sowol wie die Größe und innere Structur der Blutkörperchen verschieden in den Thierklassen, im Blute der Säugethiere sind sie immer rund und scheiben- oder linsenförmig, während sie bei Vögeln, Fischen und Amphibien immer eine elliptische Gestalt haben. — Nehmen wir das Menschenblut als Repräsentanten des Säugethierblutes im Allgemeinen, dann sehen wir die Blutkörperchen als kleine kreisrunde Scheiben, welche gegen die Ränder hin etwas gewölbt und in der Mitte mit einer concaven Vertiefung versehen sind, wodurch das Licht, je nachdem es darauf fällt, anders gebrochen wird als an den Rändern. In Fig. 98

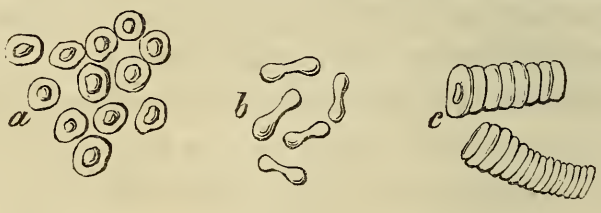


Fig. 98.

sind solche menschliche Blutkörperchen in bedeutender Vergrößerung dargestellt. Bei a erblickt man sie auf der Fläche, bei b im Profil; oft erscheinen sie unter dem Mikroskope aneinandergereiht wie Geldrollen und bieten dann einen Anblick dar, wie bei c gezeichnet ist. Diese Eigenschaft der Anziehung und festen Aneinanderreihung findet man nur bei den

runden Blutkörperchen der Menschen und Säugethiere und hängt wahrscheinlich vom Gerinnen des Faserstoffes im flüssigen Theile des Blutes ab. — Wenn sie durch die Adern schwimmen, machen sie oft, von der Strömung der hellen Blutflüssigkeit und vom Drängen und Stoßen ihrer eigenen Menge bedingt, rollende Bewegungen und man sieht sie vielfach bald auf die Fläche, bald auf die Kante sich wälzen. Werden sie aber unter dem Mikroskope mit Wasser verdünnt, dann verändern sie sofort ihre natürliche Gestalt, sie saugen endosmotisch Wasser auf, quellen davon an und erscheinen als kugelrunde Zellen.

Da ein Tropfen Blut schon eine ungeheuere Zahl von diesen Blutkörperchen enthält, so läßt sich daraus bereits der Schluß ziehen, daß sie sehr klein sein müssen. Das sind sie denn auch in der That, obgleich sie bei den verschiedenen Thierklassen verschiedene Größendurchmesser haben und selbst zwei Thiere derselben Gattung, ebenso wie zwei Menschen, verschiedene Größen ihrer Blutkörperchen zeigen können. In einem und demselben Individuum aber ist die einmal vorhandene Größe allen Körperchen gemein. Unter den Säugethieren besitzen die Wiederkäuer durchgängig die kleinsten, denn bei ihnen mißt ein Blutkörperchen im Durchmesser nur $1/500$ Linie; bei den Fleischfressern sind sie $1/400$, bei den Menschen aber $1/300$ Linie groß, während der Elephant die größten besitzt und Körperchen von $1/250$—$1/200$ Linie erkennen läßt. Man kann aber annehmen, daß ein Tröpfchen Säugethier- oder Menschenblut von 1 Kubiklinie Größe gegen 30 Millionen Blutkörperchen enthält.

Was nun die elliptischen Blutkörperchen der Vögel,

Fische und Amphibien betrifft, so haben sie in den verschiedenen Klassen zwar abweichende Formen und Größen, aber die Ellipse ist durchgängig ihre charakteristische Grundgestalt. Wie schon Fig. 97 b verräth, sind die Blutkörperchen des Frosches bedeutend größer als die des Säugethieres und zwar 3—4 Mal. Betrachten wir sie in stärkerer Vergrößerung, wie Fig. 99 dieselben darstellt, dann erscheinen sie als abgeplattete Ellipsen, deren Mitteltheil gewölbt ist, während ihr Rand dünner wird. Bei a sind sie im Anblicke ihrer Fläche, bei b im Profil gezeichnet. Auch sie verlieren im Wasser ihre Gestalt und quellen zu runden Kugeln auf, worin der festere Kern noch längere Zeit der Auflösung widersteht. Bei den Vögeln sind sie nicht ganz so groß wie bei den Amphibien, und ihre Form kann man in Fig. 100 vergleichen, wo stark vergrößerte Blutkörperchen eines Huhns, in a in der Flächen-, in b in der Profilansicht, gezeichnet sind.

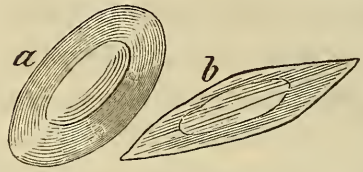


Fig. 99.

Fig. 100.

Die Blutkörperchen sind es nun, welche den Farbestoff enthalten, der die Blutmasse roth färbt. Unter dem Mikroskope erscheinen sie zwar nur blaß gelblich, weil sie sehr durchsichtig sind und jedes einzelne Körperchen nur einen Hauch von Färbung besitzt. Es verhält sich hiermit ebenso wie mit einer in Wasser aufgelösten rothen Farbe — nehmen wir ein Tröpfchen davon unter das Mikroskop, so erscheint es sehr blaß, weil die einzelnen

Farbetheilchen im vergrößerten Raume weiter auseinanderliegen und selbst nur einen matten Anflug von Färbung verrathen. Rücken sie aber dem unbewaffneten Auge nahe zusammen und tragen sie unzählige Male ihren Antheil zur Summe des Ganzen bei, dann hat das Auge die Empfindung dieser Summe als intensive Farbe. Nehmen wir eine äußerst dünne rothe Glasplatte, halten wir sie vor das Auge, so werden wir ebenfalls die Gegenstände kaum roth erblicken, legen wir aber mehre solcher Glasplatten übereinander, dann wird sogleich die rothe Farbe bemerklich werden.

Alle Blutkörperchen der Thiere haben noch die Eigenschaft, daß sie außerordentlich elastisch sind, sich biegen, langstrecken und wieder in ihre ursprüngliche Form zusammenziehen können. Deshalb gelingt es auch nicht, auf dem besten Filtrirpapier das Blut der Art zu filtriren, daß der farblose, flüssige Theil (Plasma) durchläuft und die Blutkörperchen, als der Farbetheil, auf dem Papiere zurückbleiben; die kleinen elastischen, biegsamen Körperchen ziehen sich, der Strömung der Flüssigkeit folgend, lang und schlüpfen durch die feinsten Poren des Fließpapiers hindurch. Sie verhalten sich in ihrer Zusammensetzung übrigens ganz wie Urzellen, sie sind mit einer eiweißstoffigen Flüssigkeit gefüllt, denn diese löst sich in Essigsäure und Ammoniak auf, indem dadurch die Körperchen wie Luftblasen springen und gar keine Spur zurücklassen. Als analoge Bildungen von Zellen müssen sie auch einen Kern enthalten, den man auch in den elliptischen Blutkörperchen der Vögel, Fische und Amphibien recht deutlich und verhältnißmäßig groß erkennen kann (Fig. 99). Schwieriger ist die Nachweisung des Kerns in den Blutkörperchen

der Säugethiere. Er wurde behauptet und geleugnet und ist auch zur Stunde noch nicht mit Bestimmtheit dargethan. Da ihn aber manche Autoritäten gesehen und gemessen haben und man ihn namentlich in ganz jungen Geschöpfen sehen will, so muß angenommen werden, daß er mit der Blutzelle entsteht und allmälig wieder aufgesogen wird.

Fragen wir nun, welche Rolle diese eigenthümlichen Körper im Blute spielen, woher sie kommen und was aus ihnen wird? so eröffnet sich durch die Antwort der Wissenschaft ein höchst interessantes und wichtiges Gebiet des Lebens im kleinsten Raume. Die Blutkörperchen sind die kleinen Träger des mächtigen Lebensreizes der Natur und aller organischen Elementarbewegung, des Sauerstoffes, sie nehmen ihn begierig auf, führen ihn in die gesammte Bildungswerkstatt des Organismus ein, wo alle Elemente, nach Sauerstoff dürstend, ihn anziehen und die aus dem chemischen Verbrennungsprozesse des Lebens resultirenden verkohlten Stoffe wieder an die Blutkörperchen zurückgeben.

Verfolgen wir den Kreislauf dieser mikroskopischen Körperchen einmal von Anfang bis Ende. —

Wir haben in dem Chylus und der Lymphe bereits jene kleinen Formgebilde kennen gelernt, von denen es erwiesen ist, daß sie die Anlage der künftigen Blutkörperchen sind und sich, namentlich in die linke Schlüsselbeinvene, offen in den Blutstrom ergießen, welcher auf dem nächsten Wege zum Herzen sich fortbewegt. Hier sieht man diese weißen Kügelchen, welche dem Chylus und der Lymphe die milchige Beschaffenheit geben, noch eine Strecke lang durch das Herz hin zwischen den Blutkörperchen fortrollen, wobei sie von

der sie umströmenden Blutmasse immer mehr angeähnelt, vielleicht auch aufgelöst werden, um die chemischen Elemente der Blutkörperchen abzugeben. Der Kreislauf ist als ein doppeltes System von Stämmen und Verzweigungen zu betrachten, als ein Doppelstamm mit verschlungenen Wurzeln und Zweigen. — Es sind nämlich zwei polare Sphären im Organismus, welche das kreisende Blut, indem es beide durchläuft, mit einander in Verbindung und Wechselthätigkeit setzt, nämlich äußere und innere Sphäre des Lebens, Außenwelt und Innenwelt. — Die letztere ist dargestellt durch das Bildungsleben im Organismus, überall da, wo in den feinsten Verzweigungen der Adern der geheimnißvolle chemisch-lebendige Prozeß der Stoffumwandlung, der Zersetzung und Neubildung der organischen Materie und Formelemente waltet, wo das Leben ununterbrochen verbraucht und wieder ersetzt. Hierhin, in diese überall in allen Geweben des Körpers thätige Bildungswerkstatt, wohin die Stämme der Blutgefäße ihre feinsten Verzweigungen und Netze schicken, rollt das Blut, um seinen Bildungssaft exosmotisch an die Gewebe abzugeben, alle Elementarformen damit zu durchdringen und zu sättigen und die vom Leben verbrauchten Stoffe endosmotisch wieder aufzunehmen. Der mächtige Erreger aller chemischen Elementarbewegungen in der Natur ist aber der Sauerstoff, welcher trennt und bindet, der durch seinen Zutritt zu anderen Elementen dieselben oxydirt, verbrennt, bald mit, bald ohne Flammenerzeugung, und der in seiner sichtbarsten Wirkung als Feuer schon bei den alten Völkern das Symbol der Kraft in der Natur wurde. — Ohne Sauerstoff kann weder

Pflanze noch Thier existiren, er ist die anregende, bewegende Potenz alles organischen Lebens und man nannte ihn auch schlechtweg Lebensluft. Das organische Leben ist immer ein Oxydations- oder flammenloser Verbrennungsprozeß, denn wie das sichtbare Verbrennen nichts anderes ist als Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff und Bildung von Kohlensäure, so ist das gesammte chemische Leben der organischen Natur nur ein von der Lebensidee geleitetes Verbinden mit Sauerstoff und ein Ausscheiden von Kohlensäure. Die Pflanzen nehmen den Sauerstoff durch ihre Blätter und grünen Oberflächen auf, die Thiere durch besondere Organe, welche man Athmungswerkzeuge nennt und deren verschiedene Construction doch immer auf dem Prinzipe beruht, den Sauerstoff in den Körper zu führen und den circulirenden Säften so nahe zu bringen, daß diese ihn mittelst Endosmose aufnehmen können. Die Thiere, welche Lungen besitzen, ziehen die atmosphärische Luft ein, bei solchen Luftthieren, welche keine Lungen haben, wie bei den Insecten, hat die Natur eine Menge Luftkanäle angelegt, welche sich meistens mit freien Mündungen an den Leibesseiten öffnen und sich im Inneren des Körpers in feine blindsackig endende Kanälchen verzweigen; bei den Fischen, vielen Amphibien und Weichthieren hat die Natur sogenannte Kiemen angelegt, worin die Blutgefäße sich in zartester Verzweigung verbreiten, um den im Wasser enthaltenen Sauerstoff aufzunehmen. — Ueberall finden wir also die Einrichtung getroffen, daß Sauerstoff in das Blut geführt werden soll. — Nehmen wir die höheren Säugethiere und den Menschen zum Beispiele unserer Betrachtung, so sehen wir in

den Lungen nichts anderes als eine äußerst feine Verzweigung der Luftröhre, welche sich dichotomisch in immer dünnere Kanälchen spaltet und endlich mit kleinen runden Zellen endet, an deren innerer Oberfläche sich, nur von einer sehr dünnen Schleimhautbekleidung bedeckt, die feinsten Blutgefäße netzartig ausbreiten. Fig. 101 giebt eine vergrößerte Ansicht von den letzten Enden der Luftröhre. Hier tritt also das Blut, indem es in der mit atmosphärischer Luft gefüllten Lungenzelle vorüberrinnt, in directe endosmotische Beziehung mit der Luft und nimmt, von einer sogleich näher zu erklärenden chemischen Verwandtschaft zum Sauerstoffe getrieben, diesen in sich auf. —

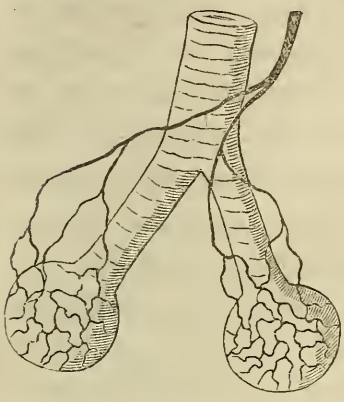


Fig. 101.

Nun wird es verständlich, wenn vorhin das Gefäßsystem mit einem Doppelstamme verglichen wurde, der sich polar verästelt. Einmal nämlich verzweigen sich die Hauptstämme gegen die innere Bildungswerkstatt des Organismus hin, um hier Plasmaflüssigkeit überall zu verbreiten und gegenwärtig zu halten, zweitens aber verzweigen sich die Gefäße abermals gegen die äußere Atmosphäre hin, bilden ein atmosphärisches Gefäßnetz in Lungen oder Kiemen, um den Lebensreiz, den Sauerstoff, aufzunehmen und die Kohlensäure an die äußere Luft abzugeben. Hierbei spielen nun die Blutkörperchen eine bedeutsame Rolle. Um aber ihren Kreis-

lauf durch die beiden feinen Netzwerke, das atmosphärische und das der Bildungssphäre, zu verfolgen, bedarf es noch einer vorgängigen Einsicht des Weges, den sie nehmen, und der Erklärung, aus welchem Grunde ich den Hauptstamm der Adern einen Doppelstamm nannte.

Das Herz wird als der Centralpunkt des Kreislaufes betrachtet. Genau bezeichnet hat aber das Thier und der Mensch ein doppeltes Herz, welches nur äußerlich zu einer Masse verwachsen ist, aber dessen Höhlensystem im Inneren gar keine directe Verbindung mit einander hat. Unterscheiden wir diese beiden von solider Scheidewand getrennte Höhlensysteme als ein rechtes und ein linkes Herz, so nehmen die Blutkörperchen und mit ihnen das Blut überhaupt folgenden Weg. Das gesammte Blut, welches aus den feinen Verzweigungen der Bildungssphäre zurückkehrt, um sich gegen die atmosphärische Netzausbreitung in Lungen (oder Kiemen) zu bewegen und hier den Sauerstoff zu holen, unterscheidet sich von dem Blute, welches aus dem atmosphärischen Netze wieder nach der Bildungssphäre fließt, schon durch seine Farbe, indem ersteres dunkelroth, letzteres hellroth erscheint. Da nämlich das stoffliche organische Leben ein Oxydations- oder Verbrennungsprozeß ist, dessen Resultat die Verkohlung — so muß auch das Blut, welches die Bildungswerkstatt durchlaufen ist, seinen Sauerstoff abgegeben haben und von verkohlten Stoffen, von Kohle, gesättigt sein. Dieses ist denn auch wirklich der Fall und das aus der Bildungssphäre heimkehrende, sich in immer größeren Stämmen sammelnde Blut ist von dem Kohlenstoffe dunkel gefärbt. Diese Farbe erhält es aber allein von den

kleinen Blutkörperchen, welche, mit Kohle geschwängert, dunkel geworden sind. Das von den Gliedern dem Rumpfe und Kopfe zurückfließende dunkle (venöse) Blut sammelt sich nun nahe vor dem Herzen in einen gemeinschaftlichen Stamm, während kurz vorher in die Schlüsselbeinvene auch die Chylus- und Lymphkörperchen sich mit in den Blutstrom ergossen haben, und strömt in das rechte Herz, durch dessen Druckbewegung es in einen anderen, ausführenden Stamm (Lungenarterie) getrieben und in die feine Verzweigung des atmosphärischen Netzes geleitet wird. Indem es hier in den kleinen Luftzellen der Lungen, so nahe an der eingeathmeten Luft, vorüberrieselt und zwar in so zarten dünnhäutigen Kanälchen, daß oft nur die einzelnen Blutkörperchen hintereinander durchgedrängt werden, geht in diesen plötzlich eine große Veränderung vor, sie röthen sich, tauschen ihre dunkle Kohlenstofflast gegen Sauerstoff aus und das eben noch dunkel eingeströmte Blut kehrt aus dem atmosphärischen Netze als neu begeistigtes, neuen Lebensreiz in sich tragendes, sauerstoffreiches und schön hellrothes Blut wieder auf anderen Wegen zurück, um sich in immer größeren Stämmen zu sammeln und in das linke Herz einzuströmen. Daß die Blutkörperchen im Vorbeieilen an der atmosphärischen Luft Sauerstoff aufgenommen und ihre Kohle abgegeben haben, verräth schon die Untersuchung der ausgeathmeten Luft, welche reich an Kohlensäure und arm an Sauerstoff geworden ist. Das nunmehr hellrothe Blut läuft jetzt durch das linke Herz, durch die großen Schlagadern nach allen Richtungen fort in die feinsten Verzweigungen derselben, um von Neuem in der

Bildungswerkstatt den Sauerstoff abzugeben und die verkohlten Stoffe aufzunehmen, die Blutkörperchen verändern ihre Farbe und machen dadurch die Blutmasse abermals dunkel. So wiederholt sich der Kreislauf, indem jedes Blutkörperchen in dem atmosphärischen Netze der Lungen (oder Kiemen) sich mit Sauerstoff füllt, die Ueberlast von Kohle abgiebt, sich röthet, dann wieder in der Bildungssphäre den Sauerstoff abgiebt und die verkohlten Stoffe aufnimmt. Was nun die Chylus- und Lymphkörperchen betrifft, so färben sich diese im Durchgange durch die Lungen (oder Kiemen) roth, sie verwandeln sich dabei wahrscheinlich ganz in Blutkörperchen, denn man findet sie als Chyluskörper nicht mehr in dem aus dem atmosphärischen Gefäßnetze zum linken Herzen zurückfließenden Blute. Versinnlichen wir uns jetzt den Kreislauf noch einmal schematisch, dann wird uns in Fig. 102 das Bild eines Doppelstammes mit zwei polaren Verzweigungen ganz deutlich werden und wir sehen eine helle und eine dunkle Blutseite vor uns.

a stelle das rechte Herz vor; das dunkle Blut strömt, in der Richtung des Pfeiles, in das atmosphärische Netz b, kehrt als helles Blut nach dem linken Herzen c zurück, strömt gegen das Bildungsnetz d, verdunkelt sich und läuft wieder nach a in das rechte Herz zurück, um den Lauf von Neuem zu wiederholen. —

Es fragt sich nun, was wird aus den Blutkörperchen, wenn sie diesen Lauf und ihre Verwandlungen durchgemacht haben, wie lange dauert das Leben derselben und was wird aus ihnen, da doch stets neue Blutkörperchen nachgebildet

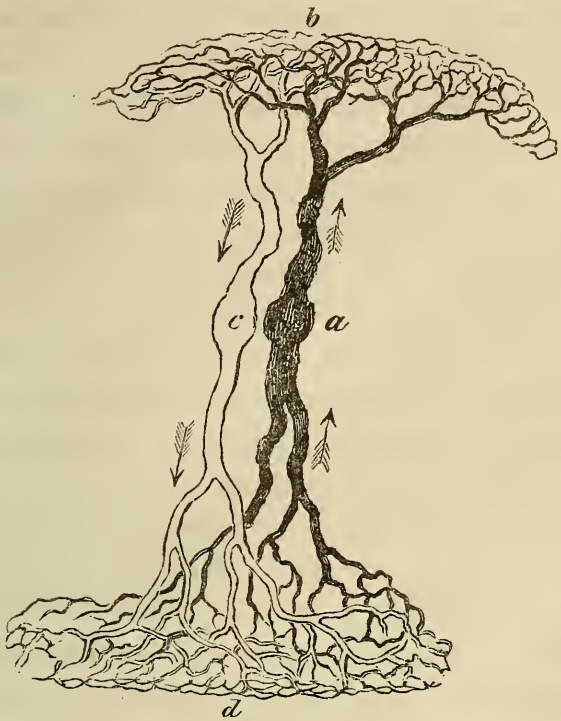


Fig. 102.

werden und immer neue Chyluskörperchen zuströmen, um sich in Blut zu verwandeln?

Ueber eine bestimmte Antwort auf diese Fragen ist die Wissenschaft zur Zeit noch nicht einig. Daran zweifelt aber Niemand, daß die Blutkörperchen, als Zellen, welche ihr eigenes Leben führen, also entstehen, reifen, dem Ganzen dienen und dann absterben, auch nach kurzer Lebensdauer ihr Ende nehmen müssen. Sie sind zeitweise Diener der Lebensidee, welche sie beauftragt hat, Träger des Sauerstoffes und der Kohle zu sein. Daß dabei ihr zartes Wesen leicht ermüden und ihr Dasein erschüttert werden muß, läßt

sich nicht leugnen, wenn man bedenkt, wie sie von den chemischen Einflüssen der raschen Verwandlungen und namentlich vom Sauerstoff, den sie weiterführen sollen, selbst verkohlt werden müssen. Und in der That kann man ihre Hinfälligkeit und ihr Absterben eine Verkohlung nennen. — Wahrscheinlich ist es, daß sie den Umlauf zwischen Atmosphäre und Bildungswerkstatt nur einige Male machen, dann selbst verkohlen, sich auflösen und nun dem Blute selbst lästig werden, so daß dasselbe sie abzuscheiden sucht. Als Zellen ist das nicht möglich, da diese nicht aus den unverletzten Gefäßwänden heraustreten können, sie lösen sich deshalb auf und die Natur verwendet sie aller Wahrscheinlichkeit nach mit ökonomischer Weisheit zur Bildung der Galle. Es sondert sich nämlich im Unterleibe aus der dunkeln Blutseite ein eigenthümliches Gefäßsystem ab, indem sich viele kleine Venenzweige zu einem besonderen Stamme vereinigen, welcher gegen die Leber läuft, um sich in ihr auf die feinste Weise zu verästeln. Es ist das sogenannte Pfortadersystem. Das dunkle Blut, welches hierin fließt, erscheint gewissermaßen sich aus der übrigen Blutmasse zu trennen, um die in Auflösung begriffenen verkohlten und abgestorbenen Blutkörperchen aus dem Kreislaufe abzuführen und dem Organismus daraus die chemischen Materialien zur Gallenbildung zu liefern, welche in den feinen Verzweigungen der Pfortader innerhalb der Lebersubstanz vermittelt wird. In dem dickflüssigen, schmierigfettigen, kohlenstoffigen Blute der Pfortader findet man mit dem Mikroskope viele Hüllen und freie übriggebliebene Kerne von Blutkörperchen, und hier darf man das Grab

der kleinen Zellen suchen, welche nur ein kurzes Leben von einigen Umläufen zwischen atmosphärischer Luft und Bildungswerkstatt führen. In den Blutkörperchen ist es nun, außer dem wenigen Eisen, das sie chemisch enthalten, namentlich der Kohlenstoff, welcher die Farbe erzeugt, und es liegt dabei die Vergleichung der Blutkörperchen mit den Chlorophyllzellen der Pflanzen sehr nahe. Der Gegensatz von roth und grün, welcher in beiden organischen Reichen durch den Kohlenstoff bedingt wird, so wie der Farbemangel bei den niedersten Thieren und Pflanzen, so wie endlich die Neigung des rothen in Zersetzung begriffenen Blutes, in Grün überzugehen, was schon in der Galle hervortritt — sind interessante Punkte zur Vergleichung.

Bei dieser Gelegenheit möchte es passend sein, über die formelle Anlage der Absonderungsorgane der Thiere zu reden. Wenn da gesagt wurde, das Blut fließt in die Leber, um Galle abzusetzen, so darf man nicht der Meinung sein, daß die Blutgefäße in ihren feinsten Aestchen in die Anfänge der Gallenkanälchen übergehen, was selbst Anatomen vor Jahren noch glaubten. Nirgends hat die Blutbahn, auch in ihren feinsten Röhrchen, die kaum mehr ein einzelnes Blutkörperchen durchlassen, eine offene Mündung, überall laufen die geschlossenen Aederchen, nachdem sie ihre feinste Kleinheit erreicht und kleine Netzwerke (Haargefäße) gebildet haben, ununterbrochen wieder in allmälig größere Kanälchen über und alle Stoffe, die heraustreten, müssen durch den physikalischen Akt der Endosmose, wie bei der Membran einer einfachen Zelle, ausgeführt werden. Es können also nur flüssige oder aufgelöste Stoffe die Wandung

der Aederchen durchdringen. Auf diese Weise tritt der Bildungssaft in die Gewebe, um sie zu sättigen, ebenso gelangen die Stoffe in die Absonderungskanäle, welche irgend ein Secret oder Excret bilden. In den kleinsten Räumen hat nämlich die Natur überall, wo das Blut Stoffe hergeben soll, eine solche Einrichtung getroffen, daß die Endosmose vermittelt wird und die ausgetretenen flüssigen Theile nun in besonderen Leitungsröhren in die Behälter gelangen, von wo aus sie weiter benutzt oder aus dem Organismus entfernt werden. Versinnlichen wir uns in Fig. 103 das Schema dieser formellen Anlage im kleinsten Raume.

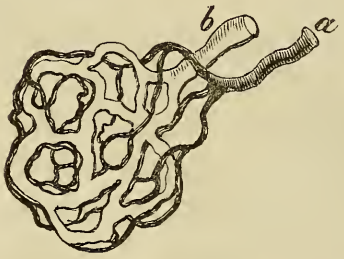


Fig. 103.

Hier sehen wir das schwarz gezeichnete Blutgefäß a in mikroskopischer Vergrößerung an die helle Gefäßverzweigung eines die Absonderungsstoffe aufnehmenden und fortleitenden Kanals b treten. Beide legen sich Wand an Wand, ohne daß Eins in das Andere übergeht, denn auch die Absonderungskanäle nehmen ihren ersten Anfang entweder mit kleinen Zellen oder Maschen, und die Natur hat dabei den Zweck, die Berührungsflächen von Absonderungsröhre und Blutgefäß so viel als möglich im kleinsten Raume zu vergrößern, um die Endosmose auf weite Flächen auszudehnen, und dieser Zweck wird dadurch erreicht, daß äußerst feine Netze oder Faltungen oder blasenartige Ausweitungen gebildet sind, auf welchen die Blutgefäßchen sich verästeln,

die sie netzartig umflechten oder knotenartig umschlingen. Einige solcher Formen zeigt Fig. 104 a b c.

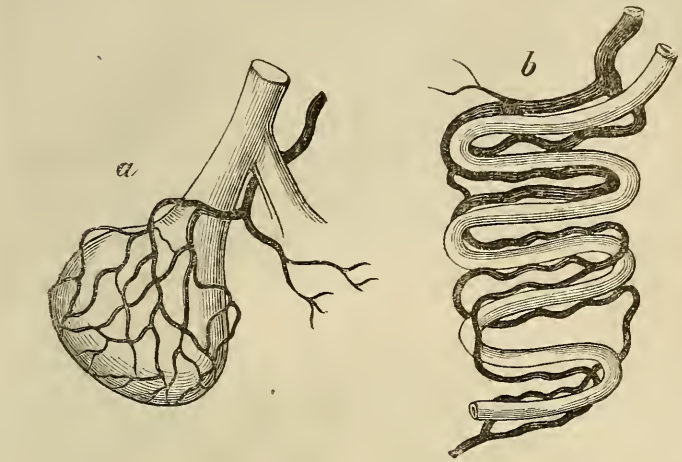


Fig. 104.

Wir kehren jetzt zu unserem ursprünglichen Vorhaben, das uns zu einer mikroskopischen Wanderung durch die kleinsten Räume des Thierorganismus bestimmte, wieder zurück, nämlich die Zellen und ihre Fortbildungen, wie wir sie bereits im Pflanzenkörper kennen lernten, auch hier in den Elementarformen animaler Gewebe aufzusuchen. —

Auch in den thierischen Knorpeln und Knochen treffen wir Zellen an, welche ihre Gewebe bilden. Nehmen wir ein zartes Schnittchen Knorpelsubstanz unter ein gutes Mikroskop, dann erscheint es uns, wie Fig. 105 dar-

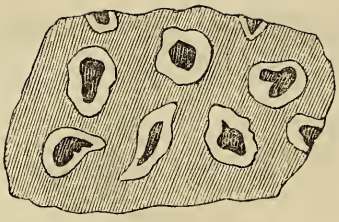


Fig. 105.

stellt, wo uns die Zellen mit ihren dunkeln Kernen sogleich auffallen. Anders verhalten sich aber die Zellen in der ausgebildeten Knochensubstanz, hier erinnern sie an jene sternförmig ausstrahlenden Pflanzenzellen, wie wir früher (Fig. 42) kennen lernten; denn eine zarte durchsichtige Lamelle vom Knochen erscheint unter starker Vergrößerung so, wie Fig. 106 darstellt.

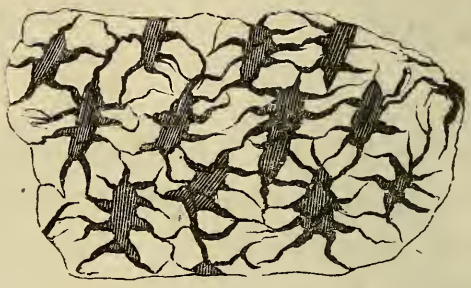


Fig. 106.

Hier sehen wir ovale und spindelförmige Zellen, von denen viele feine Zweige auslaufen, welche mit anderen anastomosiren, sie erscheinen undurchsichtig und deshalb bei transparenter Mikroskopbeleuchtung schwarz, weil sie mit kohlensaurer und phosphorsaurer Kalkerde gefüllt und dadurch erstarrt sind, ähnlich wie weiche Masse in Kalkwasser incrustirt. Daß die kleinen von den Zellen auslaufenden Verbindungsfäden aber wirklich feine Kanälchen sind, welche sich von der inneren weitzelligen, schwammigen und von Blutgefäßen durchzogenen Markhöhle des Knochens aus mit

Bildungssaft füllen, verräth eine noch stärkere Vergrößerung, wo dieselben sich wie in Fig. 107 darstellen.

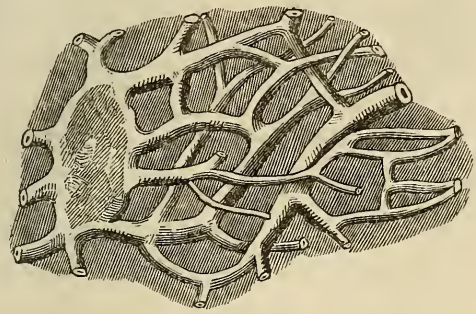


Fig. 107.

Abweichend von der Knochensubstanz verhält sich der mikroskopische Bau des Zahnschmelzes, der aus äußerst feinen Röhrchen besteht, die in der Richtung von der Oberfläche nach der centralen Zahnhöhle laufen und sich dabei dichotomisch spalten. Eine starke Vergrößerung davon giebt Fig. 108.

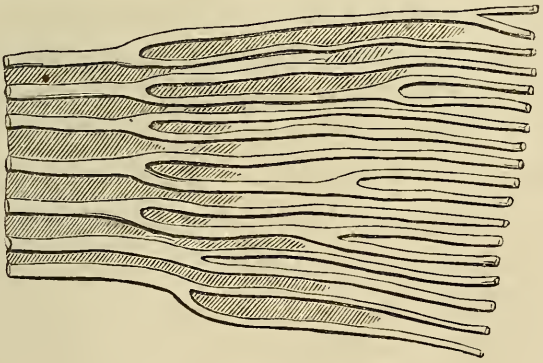


Fig. 108.

Wenn sie an ihrer Oberfläche durch Zerstörung des äußersten feinen Zahnschmelz-Ueberzuges (Schmelzkapsel) ge-

öffnet werden, dann leiten sie die Zersetzungsstoffe bei der sogenannten Zahncaries, durch Haarröhrchenkraft, gegen die Zahnhöhle hin.

Nicht alle harten Gebilde verhalten sich aber den Knochen analog. Die hornigen Theile, wie Haare, hornige Oberhaut, Stacheln, Federn, Schuppen, Nägel ꝛc. geben deutlich ihre den Epidermiszellen (Fig. 46) ähnliche Zellenbildung zu erkennen, doch sind die ursprünglichen Zellen durch ihre, vom steten Nachwuchs junger Zellen zusammengedrängte Lage und die hornartige Erstarrung und Verdickung, wodurch alle Endosmose und Ernährung aufgehoben wird, unregelmäßig geworden, die hornigen Zellenmembranen legen sich schichtweise oder schaalenförmig aneinander und werden mechanisch von Außen abgenutzt, während auf der Absonderungsfläche immer noch die jungen, regelmäßigen Zellen anzutreffen sind. Eine besondere Art von Zellen, welche den Pflanzenzellen, mit Chlorophyll, Stärke oder Farbestoff gefüllt, analog sind, findet man auch im Thierkörper als sogenannte Farbestoff- oder Pigmentzellen. Eigentlich kann jede Zelle eine Pigmentzelle werden, wenn durch irgend eine Unterbrechung ihrer Assimilationsthätigkeit ein vorherrschender Stoff, namentlich Kohlenstoff, in ihr abgelagert wird, was oft in der Absicht der Natur liegt und wodurch die Zelle dann eine hornige Beschaffenheit erhält, wie z. B. in der Haut der Neger. In Fig. 109 sind einige Arten solcher Pigmentzellen in Vergrößerung gezeichnet und zwar a aus der Haut eines Frosches, b aus dem Auge eines Menschen, während c weiße Hornzellen aus dem Schnabel eines Hühnchens versinnlicht.

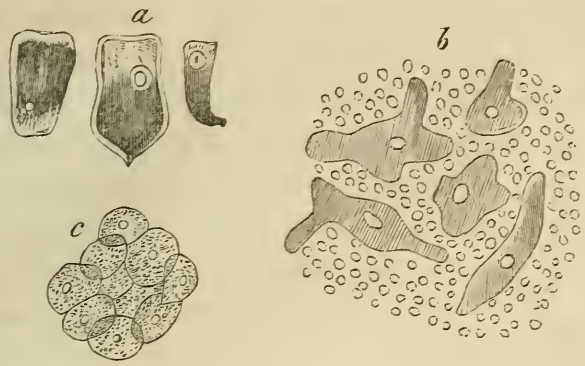


Fig. 109.

Was nun die Fettzelle betrifft, welche wir im thierischen Körper finden, so ist sie eigentlich relativ todt zu nennen, insofern sie keine assimilirende endosmotische Lebensthätigkeit mehr äußert und darin den Pigmentzellen gleicht. Die Fettzelle ist nur ein Zellenraum für physikalisch-chemische Akte geworden, welche sich durch zunehmende Anhäufung des Secrets endlich selbst beschränken. Man kann sie mit den verhornten Zellen, den Mark- Kernholz- Kork- und Borkenzellen der Pflanzen auf gleiche Stufe ihrer Lebensbedeutung stellen. Finden wir doch auch in Pflanzen, wie z. B. in den Blätter- und Stammzellen der Aloë, in den Wurzelstock-Zellen der Bananen, daß dieselben ihren ganzen Inhalt in ein ätherisches Oel verwandeln. Die Fettzellen liegen im Thierkörper gewöhnlich polyedrisch, gleich Pflanzenzellen, nebeneinander, nehmen nach Maßgabe des Raumes und gegenseitigen Drucks mannichfaltige Gestaltungen an, und wenn man mit Aether das Fett aus ihnen herauszieht, so erhält man die hellen kernlosen Zellenmembranen, da der Kern schon früh aufgesogen wird, so wie

die Zelle ihre Lebensthätigkeit einstellt. Das Fett in solchen Zellen oxydirt oft und bildet dann margarinsaure Krystalle mit sternförmigen Figuren. Hatte eine Zelle, ehe sie Fett ablagerte, bereits Töchterzellen in sich gebildet, so bleibt die Entwicklung mit Anfang der Fettablagerung stehen und auch die inneren jungen Zellen füllen sich mit Fett. In Fig. **110** sind solche Fettzellen vom Menschen vergrößert abgebildet.

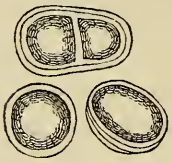


Fig. 110.

Eine höchst interessante Erscheinung an thierischen Zellen sind die electrischen Wirkungen, die sie äußern. Namentlich finden sich bei den im Mittelmeere so häufig vorkommenden Zitterrochen electrische Organe in Gestalt gelblicher Lappen, womit sie starke electrische Schläge verursachen können, was schon dem Aristoteles bekannt war. Diese Organe sind aus Zellen gebaut, welche unstreitig mit den Nervenzellen (Fig. **91**) die nächste Verwandtschaft haben und, gleich geladenen Batterien, mit Electricität gefüllt sind, die ja wiederum mit dem in den Nerven strömenden Fluidum, der sogenannten Innervation, in Verwandtschaft steht. Diese electrischen Zellen des Zitterrochens stellen sich unter dem Mikroskope so dar, wie Fig. **111** versinnlicht, und sie sind uns eine bemerkenswerthe Thatsache, wie die Natur sich Werkzeuge zu schaffen wußte, in welchen der centrifugale Nervenstrom ganz die Eigenschaft des Electromagnetismus erhält und Entladungsschläge zu bewirken vermag. Man findet solche electrische Erscheinungen auch bei dem Zitteraal, wo die Organe dafür in dem Schwanztheile des Thiers und zwar an der untern Seite liegen.

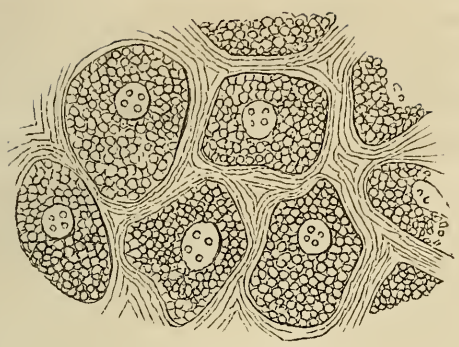


Fig. 111.

Dieses wären nun die vorzüglichsten Elementarformen, aus denen der thierische Organismus seine sichtbaren Gewebe im Großen darstellt. Als zwei spezifisch-thierische Stoffe hätten wir aber noch die Befruchtungsflüssigkeit (Samen) und die Milch zu berücksichtigen. Die erstere ist uns bereits in ihren eigenthümlichen sogenannten Samenthierchen (Fig. 50) bekannt geworden und wir hätten nur noch nach den mikroskopischen Formbestandtheilen der Milch zu fragen.

Daß diese spezifisch gefärbte Flüssigkeit nicht formlos sein könne, schließt man schon aus ihren sichtbaren Eigenschaften, denn Farbe und Consistenz muß sie von irgend einem darin befindlichen Körper haben, wie es analog ist bei ähnlichen, nicht wasserhellen Flüssigkeiten. Ein Tropfen Milch unter das Mikroskop gebracht, überzeugt uns auch schnell von der Gegenwart solcher Formbestandtheile. — Man erblickt nämlich eine große Zahl Kügelchen, die wie kleine glänzende Perlen im Tropfen rollen. Sie weisen sich bei einer mikroskopischen Prüfung als feine Zellenmembranen aus, in welchen ein Fetttröpfchen eingeschlossen ist.

Filtrirt man die Milch durch Papier, so bleiben sie auf demselben zurück und nur der wässerige seröse Theil der Milch läuft durch. Da nun erwiesen ist, daß diese kleinen Kügelchen, wie sie Fig. 112 in einem Tröpfchen Milch bei starker Vergrößerung darstellt, aus Fett bestehen, da sich aber erfahrungsmäßig die Menge des Fettes immer im geraden Verhältnisse zum Gehalte an Käsestoff und Zucker vorfindet, so ist die größere und geringere Anzahl von Kügelchen immer ein Maßstab für die Güte der Milch, da Fett, Käsestoff und Zucker die nährenden Bestandtheile derselben repräsentiren. Man kann deshalb allein schon durch eine mikroskopische Untersuchung den Gehalt der Milch abschätzen und eine *schlechte* Milch wird nur wenige oder kleine oder unregelmäßige Kügelchen zeigen.

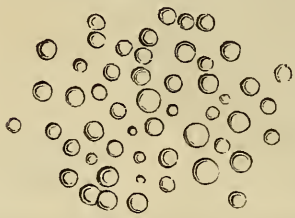


Fig. 112.

Da die Milch aber, nachdem sie von dem Blute in besonderen Organen abgesondert ist, in Kanälchen weitergeführt wird, welche mit einer feinen Schleimhaut bekleidet sind, diese aber mit Epithelium (Fig. 59) überdeckt ist und auch Schleim absondert, welcher unter Umständen ebenfalls eigenthümliche Zellen in sich entwickelt, so werden sich in einem Tröpfchen Milch auch einige abgestoßene Epitheliumzellen, auch wol Schleimzellen vorfinden, doch ist deren *größere* Anzahl immer ein Zeichen, daß das Thier, welches die Milch producirte, sich nicht in einem normalen Gesundheitszustande befindet; da eine starke Abstoßung von Epitheliumzellen und die Bildung von Schleimzellen eine

Folge vom congestiven, gereizten Zustande der Absonderungsflächen ist und dieser wieder Symptom mancher allgemeinen organischen Verstimmung oder Kränklichkeit sein kann. In Fig. 113 habe ich ein Theilchen von einem Tropfen krankhafter oder doch verdächtiger Milch in starker mikroskopischer Vergrößerung gezeichnet.

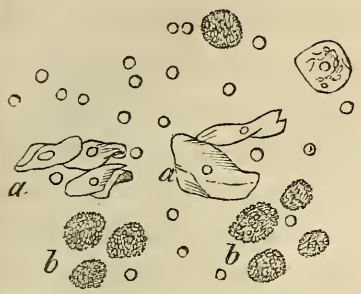


Fig. 113.

Man sieht hier neben den wenigen und kleinen Milchkügelchen die Epitheliumzellen a a und die sogenannten Schleimzellen, richtiger Congestionszellen, bb, welche ein unregelmäßiges, gekörntes Ansehen haben und aus einer scheinbar faltigen, gekörnten Membranhülle bestehen, welche einen Kern mit drei bis vier kleineren Kernkörperchen einschließt. Diese Schleimzellen widerstehen der Einwirkung des Wassers sehr lange, sind in Aether unauflösbar, schrumpfen in Essigsäure zusammen und lassen dadurch die Kerne deutlicher hervortreten, aber lösen sich schnell und vollständig in Ammoniak auf.

Noch verdächtiger und geradezu gefährlich als Nahrungsmittel ist die Milch, welche Eiter enthält. Unter dem Mikroskope erkennt man denselben durch die Gegenwart der Eiterzellen, welche in Gestalt und Zusammensetzung so sehr den Schleimzellen ähnlich sind, daß es unmöglich ist, sie genau zu unterscheiden, weshalb ich schon vor Jahren die Ansicht aussprach, daß die Schleimzelle stets eine Production kranker Schleimhaut sei und aus einem congestiven,

entzündlich gereizten Zustande derselben entspringe, der nahe an der Grenze des Ueberganges in Eiterung steht. Um so verdächtiger werden aber dadurch die sogenannten Schleimzellen selbst.

Ein neues Gebiet voll merkwürdiger Gestaltungen des Zellenlebens im kleinsten Raume eröffnet sich unserem bewaffneten Auge, wenn wir, wie wir bereits im Pflanzenreiche thaten, die Fortpflanzungsweise auch im Reiche der thierischen Wesen in ihren vorzüglichsten Bildern an uns vorüberziehen lassen. Es ist in vorhergehenden Mittheilungen nachgewiesen, daß die Zelle auch in der thierischen Natur die erste formelle Gestaltung ist und niedere Thiere, ganz wie Pflanzen, nur einen aus Zellen zusammengesetzten Organismus darbieten, dessen Leben nur eine Summe nebeneinander liegender Zellenthätigkeiten ist. Die Vermehrungsart thierischer Zellen kann man besonders recht deutlich bei dem Entstehen der Dotterzellen im Eie höherer Thiergattungen sehen, wo man in dem sogenannten Furchungs- oder Zerklüftungs-Prozesse des Dotters eine interessante Bildung von Zellen aus einer Grundmasse vor sich hat. Wir haben bereits früher auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und auf eine spätere Gelegenheit ihrer näheren Beschreibung hingewiesen. — Im Dotter der höheren Thiereier nämlich, die sich mikroskopisch als eine formlose Substanz zu erkennen giebt, in welcher das Keimbläschen sich befindet (Fig. 114 a), beginnt, sobald das Keimbläschen nach dem Befruchtungsakte geplatzt und verschwunden ist, eine Theilung des Dotters zunächst in zwei Massen, von denen jede einen besonderen

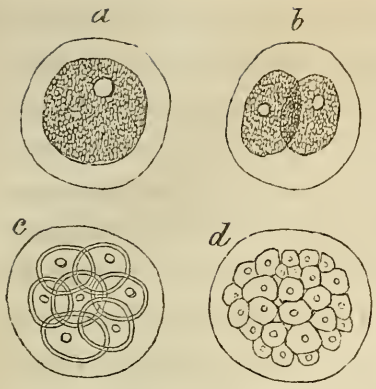


Fig. 114.

Kern erhält (Fig. 114 b). Jede dieser Massen spaltet sich wieder in zwei Theile mit ebensoviel neuen Kernen, und so fort, bis die ganze Dottermasse durch die Zahl Zwei in eine Menge von kleinen Kugeln zerlegt ist, deren jede ihren selbstständigen Kern und eine allmälig sich entwickelnde Hüllenmembran besitzt (Fig. 114 c d). Aus diesen Dotterzellen bildet nun die Natur die künftigen Gewebe zur Construction des Embryo. Wir sehen hier also durch eine selbstständige Bildungskraft eine ungestaltete homogene Masse sich nach mathematischen Zahlenprogressionen formen, abgrenzen und eine Menge centraler Punkte bilden, die ihre Bedeutung als besondere Lebensmittelpunkte selbstständiger Zellen durch die abgrenzende peripherische Membran offenbaren. Es ist diese Erscheinung ein wahrhafter Urzeugungsakt des Organismus auf unterster Stufe als Zelle.

Hiermit ist aber auch zugleich die Grenze der Urzeugung bezeichnet. Ueber die Zellenbildung in Zellen geht sie nicht hinaus, und wo eine Zelle als fertiges selbstständiges Thier in unterster Form auftritt, da ist sie immer Mutterzelle, welche ihres Gleichen in Production von Töchterzellen wiederholt, also ein Einzelwesen, welches in sich gleiche Einzelwesen erzeugt und sich mit deren Reife von ihnen trennt. Die Natur ist aber auch in der Thierwelt mannichfaltig in

der Weise der Fortpflanzung. Je nachdem zur Production von neuen Generationen zwei Geschlechtsorgane gehören, welche sich im polaren Gegensatze als männlich und weiblich unterscheiden und die entweder in zwei Individuen getrennt oder zwitterhaft in einem und demselben Organismus vereinigt sind, oder je nachdem ohne geschlechtliche Unterscheidung und Function die Keime zu neuen Generationen sich entwickeln und reifen, theilt man die Fortpflanzung der Thiere in eine geschlechtliche und geschlechtslose ein. Die letztere ist in mannichfaltiger Art den niedrigsten Thierklassen eigen, deren ganzer Leib deshalb nur Geschlechtsorgan oder Eierstock ist. Die unterste Form ist diejenige, wo ein Thierchen, nachdem es eine gewisse Lebensdauer erreicht hat, sich freiwillig in eine Menge äußerst feiner Keimkörnerchen (Zellchen) auflöst, woraus ebenso viele neue gleiche Thiere sich entwickeln. Eine andere, schon um eine Stufe höhere Form ist die Selbsttheilung, die wir bei vielen Infusionsthierchen finden. Ein solches gleichförmig und einfach gebautes Thier, welches sein selbstständiges Leben führte, zeigt auf einmal einen Riß, eine Furche oder irgend eine liniare Veränderung seiner höchst einfachen Körpergestalt, die sich mit auffallender Schnelligkeit in einigen Stunden schon bis zur wirklichen Theilung in zwei gewöhnlich gleiche Hälften des Körpers steigert, worauf jeder Theil dem gespaltenen Thiere alsbald gleicht und sich nach wenigen Stunden von Neuem theilt. Hierdurch kann die Vermehrung eines solchen Thierchens mittelst geometrischer Progression zu einer ungeheueren Zahl in kürzester Zeit anwachsen, und das ganze Dasein ist nichts wei-

ter, als ein ununterbrochener Fortpflanzungsakt. In vier Tagen kann ein solches Thierchen durch die Multiplication eine Nachkommenschaft von 140 Billionen veranlaßt haben. Beispiele der Art liefern die Bacillarien oder Stabthiere, welche als mikroskopische Geschöpfchen in unseren stehenden Gewässern leben und die wesentlichsten Bestandtheile jener grünlichen und bräunlichen Massen bilden, welche unsere Gräben oder Teiche bedecken. Sie wurden früher, ehe man ihre freiwillige Selbsttheilung kannte, zu den Pflanzen gerechnet. Wir haben bereits mehrere davon kennen gelernt (Fig. 61 a b c d e f g), hierher gehört auch die $^1/_{125}$—$^1/_{30}$ Linie lange Navicula, Fig. 115 a, welche ihren Namen von ihrer Aehnlichkeit mit einem Weberschiffchen erhielt, ferner Evastrum rota, b u. s. w.

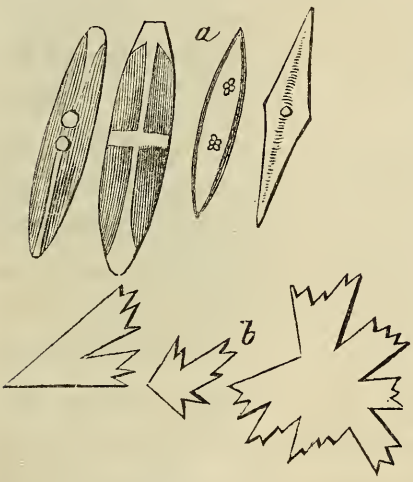


Fig. 115.

Eine andere Fortpflanzungsart niederer Thiere ist die Knospenbildung. An irgend einem Körpertheile entsteht ein kleiner Auswuchs, dessen innere Höhle mit der Höhle des Mutterleibes communicirt, so daß der Ernährungssaft aus einer in die andere circulirt. Allmälig aber wird im fortschreitenden Wachsen die Knospe immer selbstständiger, ihre innere Höhle trennt sich durch einen Stiel von dem Höhlenraume der Mutter,

sie verräth ihr eigenes Leben und wird der Mutter immer ähnlicher und gleicher. Entweder bleiben diese Knospen nun am Mutterstamme zeitlebens haften und zeugen neue Knospen, wodurch sogenannte Stöcke, gemeinschaftliche Colonieen auf einem Stamme entstehen, oder die reifen Knospen trennen sich von der Mutter und führen ihr eigenes Leben. Solche Colonieen auf gemeinschaftlichem Stocke bilden z. B. die Polypen, Corallen ꝛc., während die Vorticellen oder Glockenthierchen in einigen Gattungen Stöcke bilden, in andern aber Knospen zeugen, welche sich trennen und vereinzelt leben. — Doch kommt bei ihnen auch die Selbsttheilung vor. — Als Beispiel der Knospenbildung mit bleibender Anheftung an dem Mutterstocke möge uns der Armpolyp, Hydra, dienen, und für die zweite Form mit Lostrennung der Knospen der Glockenthierchen, Vorticella. — Fig. 116 stellt den Armpolypen dar, welcher sich im Wasser an irgend eine Pflanze a angeheftet hat. Er treibt aus seinem Stamme fadenförmige Ausläufer, an deren Spitze die Knöspchen b b b entstehen, die

Fig. 116.

nun ebenfalls Arme bilden und die Verzweigung des Hauptstammes vervielfältigen, während jedes Knöspchen ein Individuum ist. Bei den Glockenthieren (Vorticellen) findet theilweise dasselbe, jedoch auch eine Trennung der Knospen

Fig. 117.

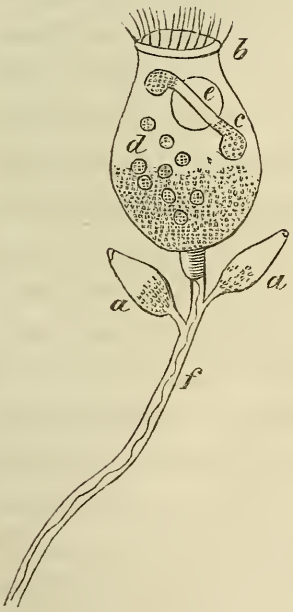


Fig. 118.

vom Mutterstamme, aber auch Selbsttheilung Statt. In Fig. 117 ist ein solches Thierchen abgebildet, das mit mehreren Individuen (Knospen) auf gemeinschaftlichem Stamme sitzt. In Fig. 118 sehen wir aber eine andere Art, welche ihre Knospen a a an ihrem Stiele treibt und dann von sich trennt. An dem Mutterthiere finden wir den Wimperkranz b, den inneren Kern c, die gefüllten Magenblasen d, ferner eine Luftblase, die zusammengedrückt zu werden vermag, e, und endlich den Stiel f, wo

mit sich die Thierchen an irgend einem Gegenstande festsetzen. Dagegen erblicken wir in Fig. 119 ein gleiches Glockenthierchen eben *im Begriffe, sich selbst zu theilen*, und man bemerkt, daß der innere Kern sich bereits verdoppelt hat.

Fig. 119.

Alle Thiere höherer Ordnungen und selbst einige solche der untersten Lebensstufen pflanzen sich durch *geschlechtliche Zeugung* fort. Wir werden dieselbe betrachten, so weit ihre Vorgänge dem kleinsten Raume angehören. Sie findet ihre Bedingung darin, daß zwei polare Stoffe, als männlich und weiblich unterschieden, sich begegnen müssen, um ein neues Individuum zu produciren. Es ist das *Ei* und der *Samen*. Die *Eibildung* ist eigentlich nichts als Knospensprossung, aber diese Knospen können nicht anders zur Entwicklung und Reife einer neuen Generation fähig werden, als durch Befruchtung, d. h. durch Berührung mit dem polaren, männlichen Geschlechtsstoffe, der Samenfeuchtigkeit. Ei und Samen haben in der gesammten Thierwelt, wo sie vorkommen, einen ganz bestimmten und spezifischen Charakter und das Ei ist durchweg, mag es einem der niedrigsten Thiere oder dem Menschen angehören, nach einem und demselben Schema construirt. *Jedes Ei*

besteht aus vier wesentlichen Theilen, wie Fig. 120 darstellt, nämlich aus einer äußeren Umhüllungshaut (Dotterhaut) a — einer flüssigen, den Hauptinhalt bildenden, aus Fett und Eiweiß hervorgegangenen Substanz, Dotter, b — und einem excentrisch in der Dottermasse gelagerten kleinen Bläschen, Keimbläschen c, welches im Inneren wieder eins oder mehrere ungemein kleine Bläschen, den Keimfleck d, einschließt. Dotterhaut, Dotter, Keimbläschen und Keimfleck sind also die Theile, welche wir an jedem Thierei finden, das zur geschlechtlichen Fortpflanzung dienen soll. Die weiblichen Thiere haben dazu gewisse schlauchartige Organe, in welchen diese Eier ganz spontan wie Knospen wachsen und bestimmt sind, nach Erreichung ihrer Reife vom männlichen Befruchtungsstoffe berührt und zur inneren Entwicklung eines neuen Geschöpfes angeregt zu werden. — Man nennt gerade diesen Akt des Begegnens und Berührens von Ei und Samen die Befruchtung des ersteren. Die Art dieser Befruchtung ist aber sehr verschieden. Es giebt Thiere, welche in einem und demselben Körper zugleich Eier bilden und Befruchtungssaft bereiten, die ihre eigenen Eier also mit eigenem Samen befruchten; man nennt sie Zwitter und ein Individuum ist hinreichend, um die Gattung fortzupflanzen. Ein interessantes Beispiel dieser Zwitternatur liefert der Bandwurm, dessen jedes Glied einen

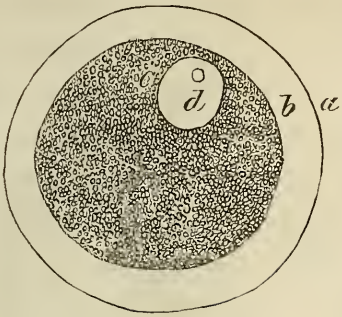


Fig. 120.

weiblichen Eierstock und ein Organ zur Bereitung und Ausleitung des Befruchtungssaftes besitzt. Fig. 121 stellt ein Glied des breiten Bandwurms (Bothryocephalus latus) vergrößert vor.

Fig. 121.

Hier sehen wir an der Bauchfläche a die Befruchtungsröhre, welche den männlichen Stoff von dessen Absonderungsorganen hin leitet, b die Oeffnung des Eierbehälters, die von vielen punktförmigen Drüsenöffnungen umgeben ist. Das Thier begattet sich also selbst und zwar das eine Glied das andere. —

Bei den Thieren mit getrennten Geschlechtern, wo zwei

Individuen die Fortpflanzung vermitteln müssen, das eine die Eier, das andere den Befruchtungsstoff producirt, wird die Bedingung der unmittelbaren Berührung beider verschieden erfüllt. Es giebt Thiere, wo die Eier tragenden Weibchen dieselben aufs Gerathewohl in Luft oder Wasser ausstoßen, wohin die Männchen ebenfalls ins Blaue hinein den Samen ergossen haben, und es ist hier gänzlich dem Zufall anheimgegeben, daß Wind und Wasser beide Gegensätze zusammenführen, wie es bei denjenigen Pflanzen der Fall ist, wo männliche und weibliche Blüthen auf verschiedenen Stämmen sitzen. So findet man auch thierische Polypenstöcke, wo alle Individuen eines Stockes entweder nur männlich oder weiblich sind, wo also das Wasser die ausgestreuten Eier und Samenelemente zufällig in Berührung bringen muß. — Bei anderen Thieren legt das Weibchen die unbefruchteten Eier, bekümmert sich nicht weiter darum, und das zufällig desselben Weges kommende oder instinctmäßig getriebene Männchen befruchtet dieselben. Bei allen höheren Thierordnungen aber hat die Natur die Einrichtung getroffen, daß die Eier nicht unbefruchtet den weiblichen Organismus verlassen, sondern schon innerhalb desselben vom eingeführten männlichen Zeugungsstoffe berührt und damit befruchtet werden. Die Bildungsstätte der Eier, Eierstock, stößt zu periodischen Zeiten die Eier ab und diese bewegen sich auf besonderen Wegen innerhalb des weiblichen Organismus in gewisse, je nach den Thieren verschieden gestaltete Höhlen, um hier oder schon auf dem Wege dahin dem befruchtenden Stoffe, namentlich den merkwürdigen Wesen darin, welche man Samenthierchen genannt

hat (Fig. 50), und wäre es auch nur einem Einzigen derselben, zu begegnen. Viele weibliche Thiere haben zur Aufbewahrung des männlichen Befruchtungsstoffes besondere Behälter, wo dieser, einmal vom Männchen eingeführt, sich sehr lange, oft sogar Jahre lang ungeschwächt erhält und die austretenden Eier befruchtet, so daß eine Begattung ausreicht, um die periodisch austretenden Eier für mehrere Generationen zu befruchten und in dieser Zeit die Männchen völlig überflüssig werden. Deshalb sind auch in gewissen Thiergattungen in solchen Perioden nur Weibchen anzutreffen, wie z. B. bei den Blattläusen, die, wenn die Weibchen einmal von einem Männchen befruchtet werden, durch 6 bis 8 Generationen hindurch sich selbstständig fortzupflanzen im Stande sind. Aus diesem Grunde ist auch bei anderen Insekten und gewissen Krebsarten zu gewissen Jahreszeiten kein einziges Männchen aufzufinden, da diese zeitweise überflüssig geworden sind. In den höchsten Thierordnungen, wie z. B. Säugethieren, wird das befruchtete Ei nicht aus dem weiblichen Organismus entfernt, es verbindet sich noch mit dem Blutleben der Mutter auf eine innige Weise und solange, bis im Ei ein lebensfähiges Junges entwickelt ist.

Diese Entwicklung des Eies zum jungen Thiere läuft überall durch eine Reihe von Bildungsstufen, die oft, besonders bei tieferen Ordnungen, bedeutende Veränderungen der äußeren Gestalt zur Folge haben und wahrhafte Metamorphosen sind, so daß man, namentlich bei Geschöpfen, welche sich als Eier vom Mutterorgane trennen und in der freien Natur ihre Entwicklungs-Wandlungen durchleben, wie z. B. Infusorien, eine Menge verschieden ge-

stalteter und benannter Thiere als Entwicklungsmetamorphosen einer und derselben Species wieder erkannt hat. So wie es solche Entfaltungs-Verwandlungen giebt, findet man auch Rückbildungs-Metamorphosen, die oft und eben so bedeutend sind, daß man verschiedene höhere und niedere Thiere zu sehen glaubt und auch beschrieben und mit Namen versehen hat, wo man nur dasselbe Thier in verschiedenen Lebensstadien vor sich hatte. Solche Wandlungen der ganzen Gestalt sind ja in großem Maßstabe bei den Schmetterlingen bekannt. Wie bedeutend unterscheiden sich Ei, Raupe, Larve oder Puppe und Schmetterling von einander und doch ist es dasselbe Thier, welches seine äußere Erscheinung so augenfällig verwandelt. Eine weniger dem Laien der Naturwissenschaft bekannte Wandlungsweise ist diejenige, welche man die Ammenbildung oder den Generationswechsel genannt hat und wo sich im Mutterthiere ein Tochterthier bildet, das, ehe es den Leib der Mutter verläßt, ein Enkelthier in sich entwickelt, das ganz der Mutter ähnlich wird, während das mittlere Geschöpf, die Tochter, eine eigenthümliche Form hat und gleichsam nur die Amme des Enkelthieres vorstellt. Solche Wandlungen hat man unter Andern bei Eingeweidewürmern entdeckt. Ein Beispiel kann diese merkwürdige Fortpflanzungsweise deutlich machen. So giebt es einen Eingeweidewurm, der die Luftzellen vieler Wasservögel bewohnt, Namens Monostoma mutabile; derselbe erzeugt Eier und in jedem Ei (Fig. 122 a) entsteht ein Embryo, den man die Großamme genannt hat, und die Eigenthümlichkeit zeigt, daß sie nie dem Mutterthiere ähnlich

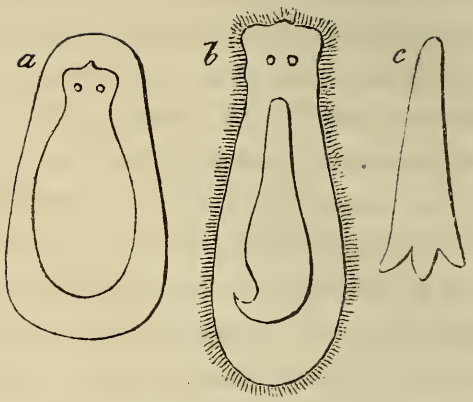


Fig. 122 a b c.

wird und vielmehr nach Erfüllung ihrer zeitigen Function zu Grunde geht. In ihrem Innern bildet sich ein neues Wesen (Amme genannt), welches einem Schlauche gleicht, der hinten drei Fortsätze hat. — Die sogenannte Großamme bekommt Wimperhaare zur Vermittlung freier Bewegung, sogar zwei Augen und ein Verdauungsorgan, durchbricht die Eihülle und schwimmt frei in der Flüssigkeit, von der sie umgeben ist, umher, wie ein selbstständiges Thier. Es hat jetzt die Gestalt, wie in Fig. 122 b dargestellt ist. Während dieser Zeit entwickelt sich aber der innere, dreifach gezipfelte Schlauch, indem er in sich Knospen treibt, die allmälig selbstständig werden, die Großamme und Amme zerbrechen, welche darüber zu Grunde gehen und als selbstständige, aber dem Mutterthiere durchaus nicht ähnliche Thierchen frei im Wasser schwimmen Fig. 122 c. Man hielt sie für eine besondere Species und nannte sie Cercaria. — Aber auch diese Thierchen sind nur noch Larven,

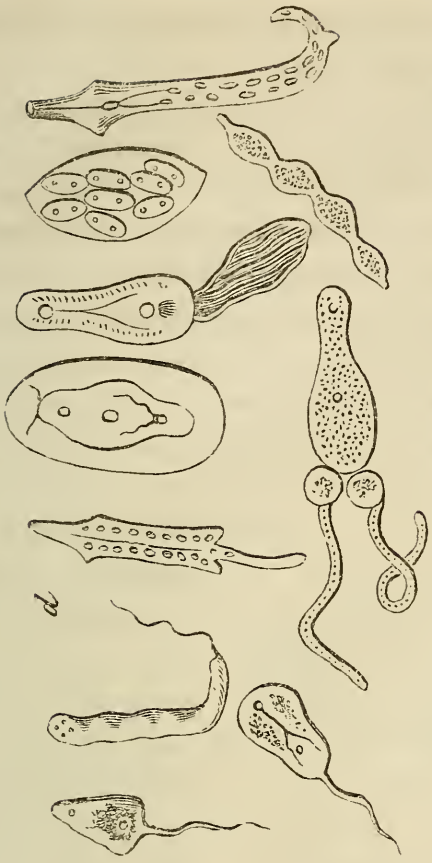


Fig. 122 d.

sie bohren sich in den Körper lebender Insekten ein, verpuppen sich hier und jetzt erst kommen die wirklichen Monostomen zum Vorschein, die der Mutter völlig gleichen. — So findet man oft in Muscheln und Wasserschnecken viele schlauchartige Wesen mit freier Bewegung, welche man Cercarien nannte und die nichts Anderes sind als Keimschläuche und Ammen von Eingeweidewürmern. Wie sehr mannichfaltig ihre Gestalt sein kann, vergleiche man in Fig.

122 d, wo solche aus den Eingeweiden von Muscheln und Schnecken dargestellt sind.

Eine nicht minder merkwürdige Fortpflanzungsweise findet man bei den Polypen, Thiere, welche bald einzeln leben, bald Stöcke, wie Bäume, bilden und meist mit dem Hauptstamme an einem festen Gegenstande angeheftet sind. Bei der untersten Ordnung dieser Thiere, den Armpolypen (Hydra), welche aus einer weichen Masse geformt und mit einer Mundöffnung versehen sind, die von fadenartigen Fühlern oder Armen umgeben ist, wird die Fortpflanzung namentlich durch die Knospenbildung bewirkt, aber hier tritt bei den Arten, die einzeln leben und keine gemeinschaftlichen Stöcke bilden, die eigenthümliche Erscheinung auf, daß diese Knospen zeitweise Geschlechtsorgane mit männlicher und weiblicher Bedeutung erhalten und nach Entleerung ihres Inhaltes wieder verschwinden. Die Gestalt einer solchen Hydra ist in Fig. 123 vergrößert gezeichnet, wo man a den Stamm an einem fremden Körper im Wasser befestigt, b den Mund und c c die Arme erblickt, von denen einer eben ein kleines Wasserthier

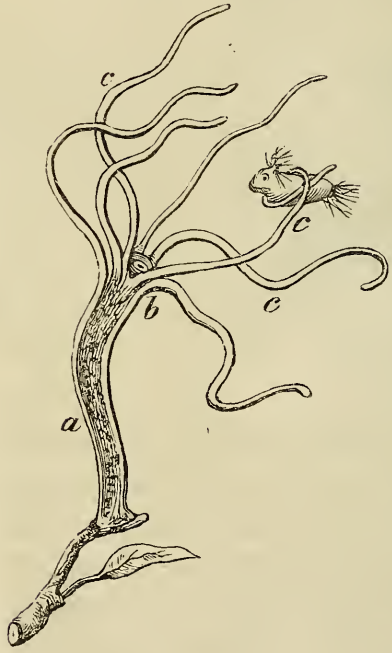


Fig. 123.

ergriffen hat, um es in den Mund zu führen. Periodisch entstehen nun am Stamme Geschlechtsknospen, als Aussackungen der inneren Leibeshöhle, in welchen sich deutliche Eidotterkügelchen mit Schaale entwickeln, also ganz die Bedeutung als Eierstöcke zeigen. Dicht darüber kommen ähnliche wulstartige Knospen hervor, welche, wenn sie reif sind, eine feine warzenförmige Mündung haben, durch welche äußerst kleine Thierchen ausschlüpfen mit rundem Körper und langem zarten Schwanzfädchen, die keine andere Bedeutung als sogenannte Samenthierchen haben und sich durch nichts davon unterscheiden. Sie schwimmen frei und lebhaft im Wasser umher, um die in den Eierknospen befindlichen Eierchen zu befruchten. — Die Knospen-Fortpflanzung bei den Armpolypen, welche einen Polypenstock bilden, wurde schon Fig. 116 dargestellt. — Bei anderen

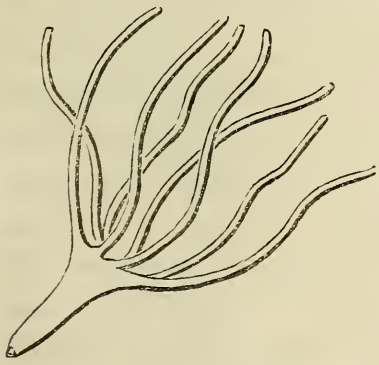


Fig. 124.

Arten von Armpolypen kommen aber noch bemerkenswerthe, größere Formwandlungen vor. — Als Beispiel kann hier die sogenannte Ohrenqualle, Aurelia aurita, dienen. Dieses in großer Zahl die Nord- und Ostsee bewohnende Thier, das in seiner ausgebildeten Reife beistehende Gestalt hat (Fig. 124), durchläuft zwei verschiedene Metamorphosen, eine doppelte Geschlechtsfortpflanzung, nämlich sowol durch Eier als durch Knospenwuchs in eigenthümlicher Weise. Es bildet sich eine

Anzahl Eierchen in einer größeren Zelle (Knospe), welche im reifen Zustande eine Gestalt wie Fig. 125 a zeigen.

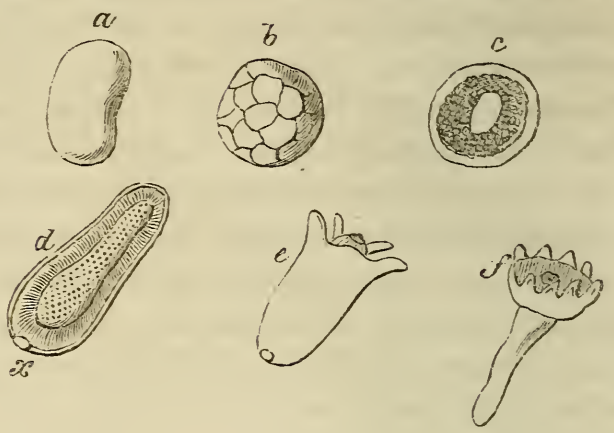


Fig. 125.

Noch innerhalb der Eierzelle (Bruttasche genannt) geht in dem Eidotter ein Zellenbildungsprozeß vor (Fig. 125 b), worauf im Inneren ein Embryo sich zu entwickeln beginnt (Fig. 125 c), der sehr bald die Gestalt eines Infusoriums erhält, die Eihülle durchbricht, die Bruttasche verläßt und sich frei im Wasser umhertummelt. In dieser Periode gleichen sie der Fig. 125 d und besitzen am hinteren Leibesende einen kleinen grubenartigen Saugnapf x. — Haben diese Thierchen sich eine Zeit lang im Wasser frei bewegt, dann suchen sie sich irgend einen festen Gegenstand, um sich mit ihrem hinteren Sauggrübchen daran festzusetzen, ehe sie aber hierzu kommen, gehen mit ihnen, während der Zeit des freien Umherschwimmens, noch mehrere Veränderungen vor. Zunächst gewinnt ihr bisher schmalerer vorderer Leibestheil an Ausweitung, während das hintere Ende mit dem Saug-

napfe sich verschmälert, wie eine Glockenblume, das vordere Ende erhält eine runde Mundöffnung (Fig. 125 e), um den bald kleine Zapfen hervorwachsen, welche sich zu Armen entwickeln (Fig. 125 f), dann erst setzt sich das Thier mit dem Saugnapfe fest und nimmt die reife Gestalt an, wie Fig. 124 darstellt. — Nunmehr beginnt aber die zweite Art der Vermehrung. In der Mitte der Fühlerarme, neben oder auf der Mundöffnung, entsteht eine knospenförmige Anwachsung, als ob eine Glocke auf dem Munde stände, deren offene Mündung nach oben gerichtet ist. Unter derselben wächst eine neue, welche die erste in die Höhe drängt und trägt, darunter wieder entsteht eine dritte, vierte, welche die Glockenform durch das Nachschieben platt-drücken, so daß diese Bildung einer Säule gleicht, welche man aus ineinandergesetzten Obertassen aufgebaut hat. Sämmtliche Knospen sind miteinander durch Kanälchen verbunden, welche in jeder einzelnen in eine kleine Magenhöhle führen und den Ernährungssaft von Etage zu Etage bis in den Körper des Mut-

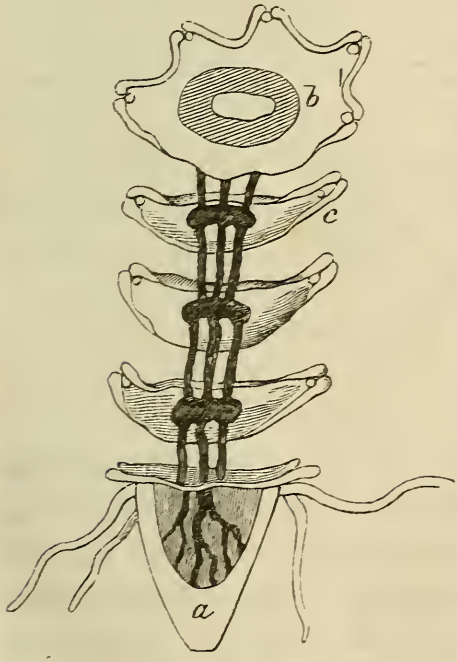


Fig. 126.

terthieres circuliren lassen. An dem Rande einer jeden offenen Knospe wachsen nun Fühlerarme hervor, die älteste oberste Knospe entwickelt sich am frühesten zur Reife und trennt sich, um selbstständig zu werden, darauf die zweite, dritte Knospe u. s. w. In Fig. 126 sehen wir eine Reihe solcher Knospen auf dem Mutterthiere a sitzen. Von der offenen Mündung der obersten Knospe b führen Kanäle in den Magenschlauch der zweiten Knospe c und so weiter bis zum Mutterthiere etagenweise hinab.

In nachstehender Fig. 127 sieht man die oberste Knospe bereits vom Mutterstamme getrennt im reifen Zustande als junge Ohrenqualle.

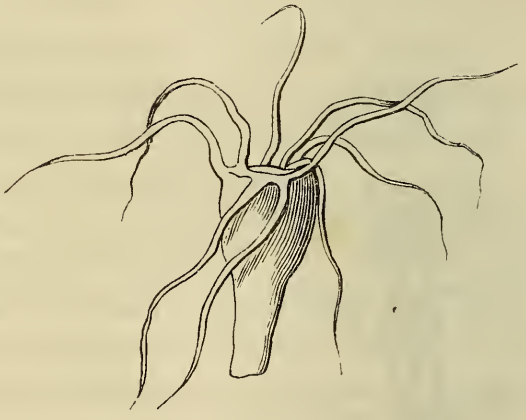


Fig. 127.

Warum die Natur diese fast launisch erscheinende doppelte Fortpflanzungsweise bei einem und demselben Thiere beliebt hat, darüber sind die letzten Gründe der Nothwendigkeit in das tiefe Geheimniß der schöpferischen Weisheit gehüllt. — Wir würden ein besonderes, umfangreiches Buch darüber schreiben müssen, wollten wir alle die man-

nichfaltigen Zeugungsvarietäten und Formwandlungen der Thiere, namentlich in den unteren Klassen, in ihren mikroskopisch verfolgten Entwicklungsanlagen und Stadien hier weiter verfolgen. Immer aber kann man sie auf Knospenbildung, Selbsttheilung, Eierbildung, permanente oder nur periodisch auftretende Geschlechtswerkzeuge und auf eine Reihe von Gestaltmetamorphosen im Embryo- oder Larvenzustande zurückführen. Letztere sind auch Ursache gewesen, daß man eine Menge scheinbar heterogener Thiere mit besonderen Species-Namen belegte, sie in verschiedene Ordnungen vertheilte und jetzt, nach besserem Studium der Entwicklungsgeschichte, sich genöthigt sieht, viele solcher Thierspecies gänzlich aus dem Systeme zu streichen, da sie nur Formwandlungen desselben Thieres in der Entwicklungszeit darstellen. —

Im Allgemeinen erlauben uns hier Thema und Raum dieser Briefe nur einen Ueberblick über die Entwicklungsgeschichte der Thiere, in so weit sie Vorgänge im kleinsten Raume sind. Bei der über den Quallen stehenden Klasse der Stachelhäuter (Echinodermen), wozu unter Andern die Seesterne, Seeigel, Seelilien ꝛc. gehören, sind die Geschlechter getrennt, ohne besondere charakteristische Unterscheidung; die Organe lassen sich, als traubenförmige oder lappige Schläuche, nur in der Brunstzeit durch ihren Inhalt, ob sie Eier oder Samen ergießen, unterscheiden, die befruchteten Eier furchen sich durch Dotterzellenbildung, es entsteht darin ein Embryo mit Wimperhaaren besetzt, der die Eischaale durchbricht und frei im Wasser umherschwimmt.

Von hier an ist aber die Reihenfolge der Veränderungen, je nach den Ordnungen und Familien, ungemein mannichfaltig und abweichend. Auch bei der folgenden Klasse der Würmer finden sich besondere Geschlechtsorgane, und bei einem Individuum oft in so großer Zahl, daß die Eierproduction dabei in die Hunderttausende geht. Bemerkenswerth ist hier die Natureinrichtung, daß nicht, wie in Eiern anderer, tieferer und höherer Thiere, der Dotter des Eies eigentlich nur Ernährungsstoff für den im inneren Keimbläschen (Eizellenkerne) angelegten und beginnenden Embryo ist, sondern daß dieser sich aus der ganzen Dottermasse entwickelt, ohne irgend einen Gegensatz von Keimanlage und Dotter. Auch bei den Würmern verläßt der Embryo das Ei in einer dem Mutterthiere durchaus unähnlichen Gestalt als Larve und macht erst eine Reihe von Verwandlungen durch, ehe er die Gestalt seiner Mutter erhält. Bei den Eingeweidewürmern findet man aber auch vielfach die sogenannte Ammenzeugung (Fig. 122), während bei vielen Familien auch die Knospenbildung vorkommt, indem dieselbe am hinteren Leibesende geschieht, wo eine Zeit lang, bis zur gänzlichen Abschnürung, die Jungen eigentlich nur relativ selbstständige Theile des Mutterleibes darstellen. — Bei den Ringelwürmern findet periodische Entwicklung von Geschlechtsorganen, aber auch Selbsttheilung und Knospung Statt, während bei den Weichthieren, Mollusken, vorzugsweise die geschlechtliche Zeugung, wenn auch in außerordentlich vielen Formen, obwaltet. In den höherstehenden Gliederthieren, Articulaten, tritt nun entschieden im Ei der Gegensatz zwischen Keimanlage und Dotter auf, der

nur die Bedeutung als Ernährungsstoff hat, der Embryo entwickelt sich, mit dem Rücken dem Dotter zugekehrt, die Bildung beginnt an der Bauchfläche und schreitet gegen den Rücken hin fort. Diese Naturanlage ist um so bemerkenswerther, als bei allen Wirbelthieren gerade das umgekehrte Verhältniß stattfindet, indem der Embryo mit seiner Bauchfläche dem Dotter zugekehrt ist und die Entwicklung vom Rücken aus ihren Anfang nimmt. Aehnlich den Gliederthieren verhält sich auch die Entwicklung bei den Insekten, indem das Ei sich an einer Stelle oberflächlich durch Dotterzellenbildung furcht, hier ein Keim entsteht, der aus der uranfänglichen Scheibenform allmälig längliche und gegliederte Formen annimmt. Das Ei eines Käfers möge diese Bildung versinnlichen. In Fig. 128

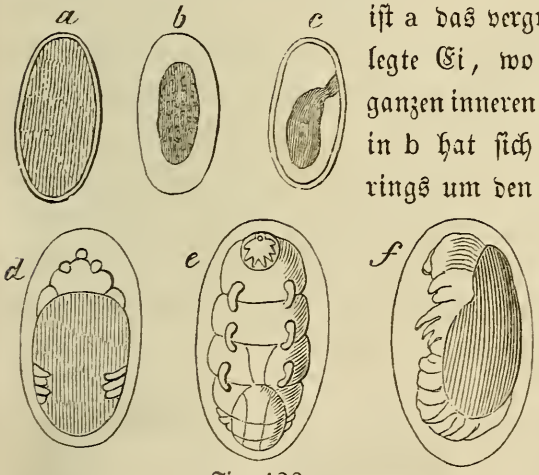


Fig. 128.

ist a das vergrößerte frisch gelegte Ei, wo der Dotter den ganzen inneren Raum ausfüllt; in b hat sich die Keimschicht rings um den Dotter gebildet, in c ist der Embryo entstanden, der in d bereits eine Gliederung von Kopf und Füßen und in e seine Reife erhalten hat, wo der Käfer von der Bauchfläche und in f im Profil gesehen wird. Bei den Wirbelthieren, als den höheren Klassen in der animali-

schen Welt, findet die Entwicklung des Embryo nach einem durchgängigen, wenn auch modificirten Grundplane Statt. Im Dotter, von einer besonderen Dotterhaut umgeben, geht die Entwicklung des Keimes immer von einem bestimmten Punkte aus und der Gegensatz ist deutlich und scharf ausgedrückt. Verfolgen wir diese Entwicklung von den Fischen bis zu den Säugethieren hinauf, so finden wir den Grundplan allen Modificationen zur Norm dienen. Nehmen wir ein frisches Ei von den sogenannten Knochenfischen, z. B. aus der Familie der Lachse, zum Vorbilde dieser Entwicklung, so erscheint ein frisches, eben den Mutterboden verlassendes Ei als eine Kugel, welche von einer Haut gebildet ist, die Wasser ansaugt und sich dadurch etwas verdickt und vom Inhalte der Kugel, einem hellen Dotter mit einigen Oeltropfen vermischt, mehr entfernt, so daß der Dotter Raum erhält, sich innerhalb seiner Schaale zu drehen und sich so zu lagern, daß seine Oeltropfen nach oben steigen. Hier oben entsteht dann auch die erste Keimanlage als eine kleine hügelartige Erhebung, von zarten Zellchen gebildet, die immer mehr über den Dotter sich anlegen und eine scheibenartige Haut bilden, welche zwischen Keim und Dotter liegt und letzteren einhüllt. Fig. 129 a stellt das Ei im Anfange seiner Zellenbildung dar.

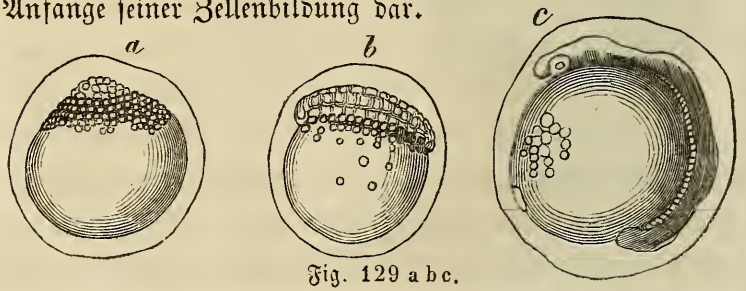


Fig. 129 a b c.

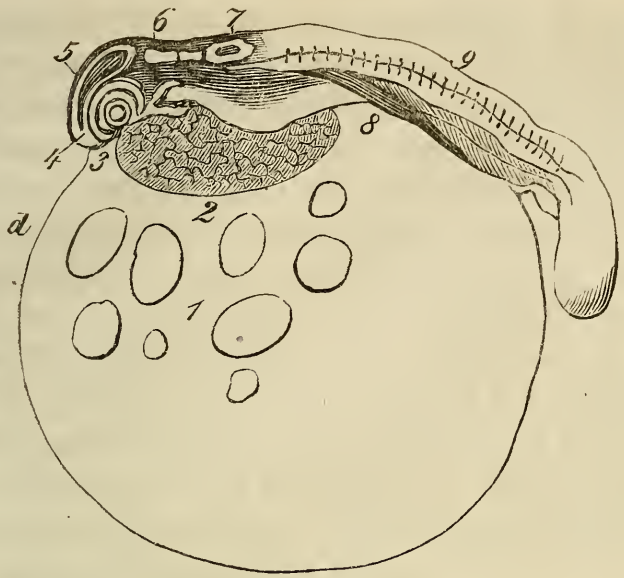


Fig. 129 d.

Alsbald aber beginnt in dem anfänglichen Keimhügel eine Zerklüftung nach der geometrischen Proportion von Zwei, Vier, Acht ꝛc., wodurch der Keim endlich in eine Menge kernhaltiger Zellen abgetheilt wird, welche nun die Bausteine des künftigen Embryo werden. Der frühere Hügel erhebt sich zu einer Wulst, welche die künftige Leibesachse bald erkennen läßt, wie man in Fig. 129 b im Profil erblickt. Eine mittlere Furche der Länge nach deutet die Rückenwirbelsäule an, der Kopf giebt sich durch einen stärkeren abgestumpften Wulst zu erkennen. Mit zunehmender schärferer Abgrenzung des Embryo vom Dotter gliedert der erstere sich immer mehr, man erkennt das Thier, mit Rumpf, Kopf und Schwanz bogenförmig über die Dottermasse gelagert (Fig. 129 c). — Allmälig aber hebt er sich, trennt

sich immer entschiedener, namentlich am Schwanzende, vom Dotter und hängt nur noch am Kopf- und Bauchtheile damit zusammen, wie Fig. 129 d darstellt. Hier beginnt dann die Bildung des Blutgefäßsystems und die Anlage der Verdauungswerkstatt. Man sieht in 1. den Dotter mit größeren Oeltropfen, 2. die Anlage der Blutcirculation, 3. das Auge, 4. das vordere Gehirn, 5. das an Masse überwiegende Mittelgehirn, 6. das kleine Gehirn, 7. das Herz, 8. die Darmanlage, 9. die Rückenwirbelsäule. Allmälig erhebt sich auch der Kopf vom Dotter und der Embryo ist nur noch mit der Bauchstelle damit in Gefäßverbindung; immer mehr treten jetzt die selbstständigen Lebensorgane hervor und schließen sich gegen den Dotter ab, bis das Thier völlig den Dotter verbraucht, derselbe zu einer ganz kleinen Kugel zusammenschmilzt, die in der Nähe des Herzens an der Brustfläche des Embryo hängt — nach und nach ganz in die Bauchhöhle eingezogen und aufgenommen wird, bis endlich die Bauchwände sich darüber schließen und das Thier reif ist. —

Wenig verschieden ist die Entwicklung des Eies zum Embryo in der Klasse der Lurche und Amphibien. An Froscheiern hat man sie sehr genau in allen Stadien beobachtet. Die kugelförmige Dottermasse furcht sich ebenfalls in der geometrischen Progression von Zwei, Vier, Acht, bis sich die ganze Masse in Zellen klüftet und sondert, von denen einige, als sogenannte Embryonalzellen, die Anlage des künftigen Thieres bilden. Die Sonderung dieses Keimes von dem übrigen Dotter tritt hier nicht in einen so entschiedenen Gegensatz, wie bei den Fischen, die Froschembryonen

nehmen den Dotter ganz in die Bauchhöhle auf, wodurch diese bedeutend aufgetrieben erscheint und weshalb auch äußerlich kein eigentlicher Dotterbeutel am Thierchen hängt. Dasselbe frißt als reife Larve einen Theil der Eihülle auf, bricht sich damit hindurch und lebt dann frei im Wasser als bekannte Kaulquappe mit Kiemenzweigen und Schwanz, die dann erst allmälig verkümmern und rückgebildet werden, sobald die Füße hervorwachsen. — Ebenso bekannt ist die Entwicklungsgeschichte des Vogeleies, wo die Dottermasse aus großen hellen Zellen besteht, welche mit gelben Oeltropfen gefüllt sind; eine Schicht kleinerer Zellen mit feingekörntem Inhalte, wodurch dieselben ein weißliches Ansehen bekommen, bilden den Keim, welcher außerordentlich rasch in die Entwicklung zum Embryo übergeht.

Mehr dem Leben des kleinsten Raumes angehörend und in der Verborgenheit des Organismus sich entwickelnd, geht die Reihe der Veränderungen im Säugethiereie vor sich. Lange Zeit herrschte hierüber ein Mysterium, da man bis vor funfzig Jahren das wahre Säugethier-Ei noch gar nicht kannte und das kleine bläschenförmige Höhlchen dafür hielt, das im Eierstocke zum Behälter des wahren Eies dient. Das Ei selbst ist so klein, daß es, ehe es eine gewisse Entwicklungsgröße erreicht hatte, sogar mit dem Mikroskope schwer zu finden war, da es sich nur zu leicht in den Falten der Schleimhaut verbirgt, welche Eileiter und Fruchtbehälter auskleidet. Die neueste Durchforschung der kleinsten organischen Räume hat aber das Säugethier-Eichen auch in seinem ersten mikroskopischen Erscheinen aufzufinden gelernt, und so ist der ganze Entwicklungsgang desselben durchaus kein

Geheimniß mehr. In den Eierstöcken der weiblichen Säugethiere bilden sich kleine Höhlen, sogenannte Graaf'sche Bläschen, welche mit einer eiweißstoffigen Flüssigkeit gefüllt sind und in deren jeder das Eichen schwimmt. Oeffnet man ein solches Bläschen, dann trifft man, außer auf den flüssigen Inhalt, auch auf eine Schicht zusammenhängender Zellchen, welche die ganze innere Wand der kleinen Höhle überziehen und auch das Eichen umgeben. Erst nachdem man diese vorsichtig beseitigt und abgestreift hat, findet man das Ei selbst. Dasselbe ist sehr klein, erreicht höchstens eine Größe von $^1/_{12}$ Linie und besteht aus Dotterhaut, Dotter, Keimbläschen und Keimfleck. (Vergl. die schematischen Fig. 48 und 49, sowie die Fig. 120.) Ein solches Ei stellt sich bei starker Vergrößerung so dar, wie Fig. 130. —

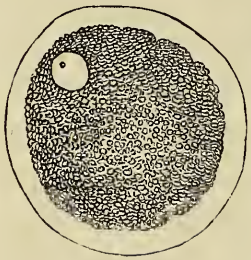


Fig. 130.

Es wurde schon früher mitgetheilt, daß bei den Thieren während der Brunst, bei dem menschlichen Weibe mit jeder Menstruation eins oder mehrere Eier sich aus dem Eierstocke lösen und durch eigenthümliche Bewegung ihren Weg durch schlauchförmige Röhren oder Eileiter nach dem Fruchtbehälter, der Gebärmutter, einschlagen. Werden sie unterwegs oder gleich nach ihrem Eintreffen in der Gebärmutter vom männlichen Samen, wäre es auch nur von einem einzigen sogenannten Samenthierchen (Fig. 50) berührt, d. h. befruchtet, so gehen sie in eine weitere Embryonalentwicklung über, wo nicht, so verschwinden sie spurlos durch Zerfließen und Auffaugung. Die periodische Lösung der Eierchen aus

den Graaf'schen Bläschen im Eierstocke, die, unabhängig von der Begattung, zur Zeit der thierischen Brunst oder menschlichen Menstruation geschieht, beginnt mit einem stärkeren Andrange des Blutes, in dessen Folge das Graaf'sche Bläschen anschwillt, in dem inneren Raume mehr Flüssigkeit abgesondert wird, die ausgedehnte Wand sich immer mehr verdünnt, ein Loch an der äußeren Spitze entsteht und das Eichen hinaus in die Eileiter schlüpft. Die leere kleine Höhle ist in einer entzündlichen Aufregung mit fortdauernder Aufregung begriffen, sie füllt sich und wird endlich durch eine gelbliche Narbe geschlossen, welche man den gelben Fleck nannte. Ehe man wußte, daß auch beim Menschen die Eier periodisch ohne Begattung den Eierstock verlassen, und so lange man glaubte, daß nur in Folge von Begattung und Empfängniß das Ei sich aus dem Eierstocke entferne, hielt man solche gelbe Flecke, wenn man sie nach dem Tode an den Eierstöcken einer vermeintlichen Jungfrau fand, für sichere, sogar gerichtlich gültige Zeichen von Empfängniß und es wurde in diesem Irrthume manche Schuldlose des geschlechtlichen Umgangs beschuldigt. —

Ist nun das Säugethierei in den Eileiter getreten, dann gehen, wenn die Befruchtung Statt findet, Veränderungen im Dotter vor, welche die Anlage einer Embryobildung zum Zwecke haben. Die Zellen, welche das Ei noch mit aus den Graaf'schen Bläschen gebracht hat und womit es dort überzogen war, verschwinden und bei einigen Thieren, z. B. beim Kaninchen, bildet sich eine Eiweißschicht. Der Dotter zerklüftet sich in eine Menge kleiner Zellen, sobald das innere Keimbläschen geplatzt und verschwunden ist, wo-

durch derselbe ein maulbeerförmiges Ansehen unter dem Mikroskope bekommt. Aus pflasterartig aneinandergelegten oberflächlichen Zellen bildet sich unter der umhüllenden Dotterhaut eine zweite feine Haut, Keimhaut, an deren einer Stelle eine körnige Masse sich bildet, die als erste Anlage des Embryo dient und Fruchthof genannt ist. Während dieser Zeit nimmt das Eichen Flüssigkeit von außen auf, dehnt sich aus, vergrößert sich, die Dotterhaut wird immer dünner und das Ei stellt eine helle Blase vor, von der maschenartig aus Zellen gebildeten Keimhaut umschlossen, welche mit der dünnen Dotterhaut noch einmal äußerlich umhüllt ist. Indem das Ei nun auf dem Wege zur Gebärmutter weiterrückt, verdickt sich die äußerste Hülle wieder durch Heranziehung und Anbildung von Eiweiß, oder auch ohne dieses Mittel, zu einer festeren Haut, aus der sich nach außen kleine Wurzelfäserchen entwickeln, womit sich das Eichen an irgend einer Stelle der Gebärmutterhöhle festsetzt, um mit dem Blute der Mutter in Beziehung zu treten und den ferneren Nahrungsstoff von dort her zu ziehen. Ein solches Ei hat die Gestalt, wie in Fig. 131. — a Dotter, b äußere feste, mit Wurzelzotten versehene Haut, c Fruchthof, als erste Anlage des Embryo. —

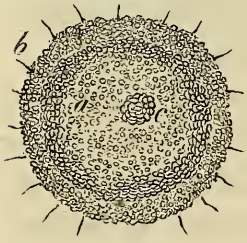


Fig. 131.

Nunmehr entsteht auf der inneren, dem Centrum des Eies zugewandten Seite des Fruchthofes eine zweite Haut aus Zellen, welche als sogenanntes Schleimblatt den späteren Darmkanal aus sich hervorgehen läßt. Ich beziehe mich hier auf die Fig. 51, 52, 53, 54 und das

dabei zur Erklärung Mitgetheilte, wo wir bereits bei Gelegenheit der Zellenentwicklung diese Veränderungen im Säugethierei als Beispiel dargestellt und schematisch abgebildet haben. — In nachstehender Fig. 132 ist der Embryo eines Hundes und eines Menschen in der ersten Entwicklungsperiode, etwa vier Wochen alt, neben einander gezeichnet.

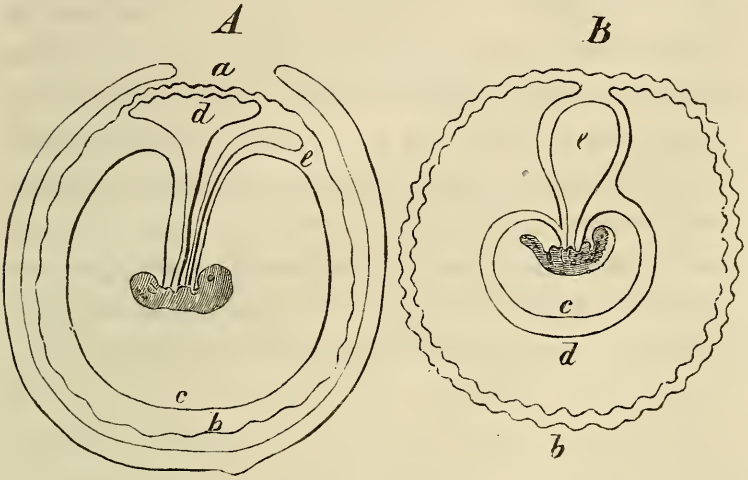


Fig. 132.

In A sehen wir den menschlichen Embryo, in B den des Hundes. Im ersteren geht die von der Nabelstelle auslaufende Haut nur an einer mit Blutgefäßnetzen durchzogenen Stelle a an die äußere Eihaut, beim Hunde verbindet sie sich damit im ganzen Umfange. In beiden Eiern ist b die äußere Haut, Chorion, c die innere Haut, Amnion oder Schaafhaut, d die sogenannte Harnhaut, eine Ausstülpung der vorderen Darmwand durch die Nabelöffnung, mit Flüssigkeit gefüllt, von Gefäßzweigen überzogen und zeitweise zum Athmen des Embryo dienend, später in ihrem

Ueberreste die Harnblase bildend; e die Nabelblase, jene beim Hunde große, beim Menschen nur schmale Abschnürung des Darms, womit er sich später gegen die Dotterblase abgrenzt.

So hätten wir denn auch in der Entwicklungsgeschichte der Thiere, gleich der der Pflanzen, die große und bedeutungsvolle Rolle kennen gelernt, welche die Zelle und ihre Fortbildungen in den formellen sowol wie physiologischen Erscheinungen des kleinsten Raumes spielt. In unserem dritten und vierten Briefe haben wir die Zelle der organischen Natur bisher in ihrer normalen Lebens- und Formweise betrachtet; es giebt aber auch abnorme, dem normalen Bildungstriebe des Organismus ungetreu werdende Zellen und Formbildungen im kleinsten Raume und diese mögen uns in dem nächsten Briefe weiter beschäftigen.

Fünfter Brief.

Jede organische Zelle, insofern sie lebt und mithilft, einen Organismus darzustellen, hat zwei Tendenzen, welche allen ihren Lebensphänomenen zu Grunde liegen; einmal ist es der Selbstzweck, wodurch die Zelle Alles, was ihrer peripherischen Zellenmembran nahe kommt, auf ihr inneres Centrum bezieht und sich selbst zu entwickeln strebt, als einzelne Zelle; zweitens aber ist es die Bildungsidee des höheren Organismus, in dessen Bereiche die Zelle entstand, welche über den Selbstzweck der Zelle hinübergreift, ihre Lebenskräfte und formelle Fortbildungsfähigkeit beherrscht und dieselben zum Mittel und Factor des höheren Organismus macht. So sehen wir Zellen neben Zellen bei Pflanzen und Thieren Gewebe bilden, die summarisch dem Gesammtleben des pflanzlichen oder thierischen Individuum dienen, so sehen wir die Zelle eingehen in die Röhren- und Faserbildung, die an dieser oder jener Stelle die leitende Idee des Organismus für ihre höheren Zwecke fordert. — Wenn nun jede Zelle an ihrem Platze die Functionen ihres Selbstzweckes und ihres Eingeordnetseins in eine

höhere Bildungsform so bethätigt, daß dadurch diejenige richtige Mitte erzielt wird, welche das Zellenleben in Harmonie mit dem Ganzen setzt, so sagen wir von der einzelnen Zelle, daß sie *normal* sei, und wir bezeichnen den Gesammtausdruck des Durch- und Nebeneinanderlebens der Zellen in einem Organismus als *leibliche Gesundheit*. Wenn also die sämmtlichen relativen Zellenindividualitäten in ihren Functionen so ineinandergreifen, daß hieraus Gesammtfunctionen in harmonischer Weise für das Ganze hervorgehen, so können wir auch von der *Gesundheit der einzelnen Zellen* reden. — Abnormitäten in der formellen und functionellen Lebenserscheinung des Organismus müssen vermittelt werden durch abnorme Lebenszustände der Zellen, und diese sind deshalb in Disharmonie mit ihrem Selbstzwecke und ihrer Bedeutung als Mittel für ein Höheres gerathen. —

Betrachtet man die Entwicklung, die Reihenfolge der Erscheinungen und den an gesetzmäßige Perioden gebundenen Verlauf einer Krankheit, so erkennt man, daß darin eine auffallende Ordnung, ein leitender Plan, eine Lebensidee ausgedrückt ist, welche die Organe zu besonderen Thätigkeiten anregt, neue abnorme Organe und Functionen hervorruft und normale Lebensthätigkeiten unterdrückt, Alles zu dem Zwecke, um den leitenden Gedanken der Krankheit zu verwirklichen. Es erscheint die Krankheit als ein abnormes Leben, welches parasitenartig in das normale organische Leben eingedrungen ist als ein organischer Gegensatz, gegen den das beeinträchtigte normale Leben ankämpft durch Reaction.

Man muß hierbei aber wirkliche Krankheit von zeitweiser Störung unterscheiden. — Erkältet sich Jemand, d. h. wird seine Hautausdünstung gestört, so treten im Organismus allgemeine reactionäre Erscheinungen auf, welche diese Störung ausgleichen sollen, der Schweiß bricht hervor oder es entsteht ein Schnupfen, wobei die Schleimhäute der Nasenhöhlen die Ausgleichung übernehmen, und die Störung ist damit überwunden. Hat aber der Körper nicht die Kraft zu solcher Ausgleichungsthätigkeit, dann allerdings kann in die dauernde Disharmonie eine krankhafte Lebensidee sich einspinnen und den Organismus beherrschen.

Berühmte Aerzte haben schon in früheren Zeiten die Krankheit als ein in sich bestimmtes, nach selbstständiger Organisation strebendes Leben erkannt und man wollte ihre parasitische Natur darin finden, daß sie den höheren Organismus auf eine niederere Lebensform herabzusetzen die Tendenz habe. Man nannte sie einen unsichtbaren Leib im Leibe, ein fremdes Wesen, das die normale Lebensidee des Organismus sich unterwerfen wolle. Ist aber die Krankheit ein besonderes Leben, wie ich das in meinen „pathologischen Briefen"*) ausführlich und möglichst allverständlich dargestellt habe, alles Leben aber auf Bilden gegründet, so muß jeder abnorme Lebensprozeß (Krankheit) auch mit einer abnormen Bildungsthätigkeit verbunden sein, diese aber ist ohne Mitwirkung der formellen Bildungselemente, der Zellen, nicht möglich und die Krankheit muß deshalb das Zellenleben ergreifen, um es dem normalen

*) Osterode, Verlag von Sorge.

Lebensdienste zu entfremden und sich selbst dienstbar zu machen. Die erste, noch mehr dynamische Reaction des Organismus gegen die Krankheitsidee tritt als Fieber, als eine revolutionäre Bewegung des Gesammtlebens auf, die erste sichtbare Abspiegelung der nach sichtbarer Bildung strebenden Krankheit, im Kampfe mit dem normalen Leben, äußert sich als Entzündung, bis endlich die Krankheit das Zellenleben besiegt, beherrscht, sich dienstbar macht und als Verbildung sich offenbart. Deshalb sind chronische Krankheiten immer mit Verbildung verbunden, d. h. es haben sich aus dem Zellenleben eigenthümliche Gewebe und Functionen gebildet, welche dem normalen Bildungstriebe durchaus entgegengesetzt und feindlich sind.

Das Leben einer Pflanze oder eines Thieres wäre aber nicht länger möglich, wenn alle Zellen aus ihrer Harmonie getreten und abtrünnig geworden wären; es können daher nur gewisse Theile des Ganzen der Krankheit vorzugsweise dienen, während andere noch unter der Herrschaft des normalen Lebens bleiben, weshalb auch die Krankheit in ihrer concreten Erscheinung als Verbildung immer lokal auftritt. Bei der Pflanze, wo kein Nervensystem und höheres Saftcirculations-Leben, wie bei den Thieren, vorhanden ist, kann kein Fieber, keine revolutionäre dynamische Reaction gegen die Krankheit stattfinden, deswegen bemerkt man bei ihr erst die Krankheit, wenn die Verbildung sinnlich wahrnehmbar wird.

Untersuchen wir mit diesen allgemeinen Vorbegriffen die mikroskopische Welt der Zellen, dann treffen wir auf eine Menge abnormer Lebenszustände derselben, welche sich auf

drei Klassen zurückführen lassen, nämlich 1. die Urkrankheit der Zellen, Atrophie, Ernährungs- und Bildungsmangel, 2. extravagirender Selbstzweck der Zellen und 3. Beherrschtwerden der Zellen als Mittel zu abnormen Bildungszwecken. — Die beiden, jeder Zelle angebornen Tendenzen: Freiheit und Nothwendigkeit, dienen daher der Krankheit, indem bald die eine, bald die andere Tendenz aus den Grundakkorden des Lebens tritt. Diese Disharmonie in den Blutzellen weckt im Organismus die Fieberbewegung, in den Gewebszellen unter Mitwirkung der Blutzellen wird durch jene Disharmonie die Entzündung und in den Gewebszellen allein die Verbildung hervorgebracht. —

Atrophie wurde als Urkrankheit der organischen Zelle bezeichnet. Sobald die Ernährung eines organisch Lebendigen vermindert ist, tritt damit der atrophische Zustand ein. Bei aller Ernährung gilt das Gesetz, daß Anbildung neuer und Rückbildung fertiger verbrauchter Stoffe in einem Gleichgewichtsverhältnisse stehen, wobei sich ergiebt, daß bei Störung dieses Gleichgewichtes, und zwar bei Ueberwiegen der Rückbildung, eine Lebensbeeinträchtigung eintritt. Alle Ernährung wird aber durch das mikroskopische Leben der Zellen vermittelt, indem sie sich zunächst selbst ausbilden und dann zum Ganzen des Organismus mitbethätigen. Die Bedingungen der Ernährung sind aber: Vorhandensein einer plastischen Flüssigkeit, ferner eine chemisch-physikalische Thätigkeit der Zellenmembran und plastische Thätigkeit der Zelle, sich fortzubilden. Der Mangel an Ernährungsflüssigkeit ist oft durch normale Lebenszwecke veranlaßt. So tritt

derselbe in den Pflanzen periodisch auf, die Zellen neugebildeter Organe welken, Blätter und Blüthen fallen ab. In den Thieren findet Aehnliches Statt, wo ganze Zellengebilde gewissermaßen verhungern, z. B. die Thymusdrüse, die Nebennieren, die Gebärmutter nach vollbrachter Schwangerschaft, die Brüste nach dem beendigten Säuggeschäfte. Oft fehlt auch in den Säften derjenige Stoff, dessen die Zellenmembran zur Anregung ihrer metabolischen Kraft bedarf, oder es sind Substanzen darin, welche der Endosmose entgegenwirken. In den Pflanzen fehlt oft im Wasser die Kohlensäure oder, bei Umsetzung in fremden Boden, die nach ihrem natürlichen Standorte ihr zukommenden Grundbasen, in den Thieren mangelt oft der Faserstoff oder der Blutstoff (Cruor), als Zeichen gesunkenen Lebens der Blutzellen, und die Gesammtzahl der Leibeszellen leidet an Entziehung der Nahrung. Die Störung der Thätigkeit der Zellenmembran liegt oft in der dargebotenen Flüssigkeit selbst, bei den Pflanzen kann es an Licht gebrechen, welches das Wasser in der Zelle zersetzen, Kohlensäure fixiren und Sauerstoff frei machen muß, weshalb man das Licht bei Pflanzen in dunkeln Räumen durch künstliche Zuleitung von Wasserstoffgas einigermaßen ersetzen kann; — was das Licht für die Pflanzenzelle, das ist der Nervenstrom für die Thierzelle; wird ihr der Nerveneinfluß geschwächt oder entzogen, so dauert ihre chemisch-physikalische Thätigkeit noch kurze Zeit fort, dann aber vertrocknet die Zelle oder es lagern sich feste oder unverbrauchte Stoffe in ihr ab, welche ihr ferneres endosmotisches Leben unmöglich machen. — Ist eine Zelle ohnehin in ihrer eigenen Bildungskraft schwach, weil sie

diese zur Erzeugung eines Secretes, z. B. Farbestoffes, verwenden muß, dann wird sie bei mangelnder Ernährung zunächst in ihrer Secretionsthätigkeit erschlaffen, und hierin liegt auch das Erblassen atrophischer Gewebe begründet.

Aber auch der Selbstzweck der Zelle kann extravagiren und die Lebensharmonie stören. Diese Steigerung des Selbstzwecks der Bildung nennt man gewöhnlich *Ueberbildnng, Hypertrophie.* Sie ist Erhöhung des Selbsterhaltungstriebes der Zelle und wir finden sie bei Pflanzen und Thieren, ebenso wie die Verbildung, wo die leitende Idee des Bildungstriebes mehr oder weniger von einer ganz selbstischen Zellenthätigkeit überragt wird. Es kommen aber auch Lebenszustände der Zellen vor, wo sie deutlich verrathen, daß sie einem anderen als dem Zwecke des Gesammtorganismus dienen. Es giebt Zellen, welche gleichsam wie mikroskopische Pflanzen sich immer in ihres Gleichen fortentwickeln und durch ihre abnorme Vervielfältigung die gesunden Gewebe belästigen, denselben die Ernährungsflüssigkeit entziehen und selbst Secrete erzeugen, welche für das Gesammtleben giftig sind und gefährlich werden, wie z. B. die Krebs- und Tuberkelzelle. — Um über die *abnormen Zellen* einen sicheren Ueberblick zu gewinnen, kann man sie erfahrungsmäßig in folgende *Gruppen* eintheilen. —

Zunächst kann eine Zelle auf *der ersten sphärischen Zellenform verharren, während sie normal hätte in Cylinder, Faser* ꝛc. *fortgebildet werden müssen.* In den Pflanzen können wir eigentlich vom Stehenbleiben der Zellen nicht reden, da dieselben keiner großen Fortbildung fähig sind und nur als nebeneinander-

gelagerte Zellen summarisch die Pflanze darstellen. In Thieren, wo die Elementarform schon in größerer Mannichfaltigkeit der Zellenfortbildung auftritt, prägt sich ein abnormes Verharren der Zelle auf ihrer sphärischen Urgestalt schon deutlicher aus. Ein belehrendes Beispiel dieser Art haben wir in dem sogenannten Enchondrom, wo eine abnorme Knorpelbildung entsteht, die nicht im Plane des gesunden Organismus liegt. Anstatt daß sich nämlich eine Gruppe von Urzellen fortbilden müßte, entweder zur Röhre, zur Faser u. s. w., bleibt sie auf der Stufe ihrer Zellenform stehen, die Zellen verdichten sich und stellen so ein Knorpelgewebe dar, wo es nicht vorhanden sein sollte. (Vergl. Fig. 105.)

So findet man auch bei der sogenannten fleischigen Knochengeschwulst (Osteosarcom), statt der Fortbildung der Zellen zu Knochengewebe (Fig. 106 und 107), nur eine Masse gestielter Zellen, die sich in dieser Gestalt wuchernd fortpflanzen. Das Verharren der Zellen in ihrem formellen Urzustande kann auch die Entwicklung eines ganzen Geschöpfes stören, wenn dieser Fall im befruchteten Ei vorkommt. Anstatt daß die Zellchen im Ei sich zum Embryo umwandeln, gerathen sie in einen Zellenfortpflanzungsprozeß, die Mutterzellen liefern Tochterzellen und so fort, so daß das ganze Ei, statt eines Embryo, nur eine Wucherung von Zellen enthält. Man nennt solche Gebilde Molen, welche dann, wenn sie eine gewisse Größe erlangt haben, unter Geburtsbewegungen der Gebärmutter ausgestoßen werden. —

Auch in den organischen Flüssigkeiten können sich abnorme Zellen bilden. Man hat in gewissen Krankheiten die Blut-

und Chyluszellen (Fig. 96—100) eigenthümlich geformt und gefärbt gefunden, was auf eine unvollkommene Entwicklung schließen ließ; aus gleichem Grunde bleiben in einer krankhaften Milch die bekannten Milchkügelchen (Fig. 112) ungewöhnlich klein. Eine spezifische abnorme Zelle ist aber die sogenannte Congestionszelle. Ueberall, wo ein nicht im Plane der Gesundheit liegender Blutandrang (Congestion) Statt findet, womit die Erscheinungen der Entzündung beginnen, da zeigen namentlich die absondernden Schleimhäute in ihrem sonst hellen Schleimsafte eigenthümliche Zellen, welche demselben eine dichtere weißliche Consistenz geben, zumal dann auch größere Massen Epitheliumzellen (Fig. 59) mit abgestoßen werden, welche zur Verdickung und Trübung des Schleimsaftes mit beitragen. Diese Congestionszellen sind ein wahrhaft abnormes Produkt, sie sind noch einmal so groß wie Blutzellen, messen im Durchmesser ungefähr $\frac{1}{200}$ Linie, zeichnen sich durch ihre weißliche, an den Rändern feingezähnte Form aus und man sieht, trotz ihrer milchigen Trübung, einen, oft mehrere Kerne in ihnen und die sanftgezähnten Ränder der äußeren Contour rühren von kleinen Körnchen (Granulationen) in der Umhüllungsmembran her. Wir haben bereits solche Congestionszellen in der krankhaften Milch dargestellt (Fig. 113). Um sie zu sehen, braucht man nur den Schleim während des Schnupfens oder katarrhalischen Auswurfes mikroskopisch zu untersuchen. In nachstehender Fig. 133 ist ein Tröpfchen solchen Schleimes stark vergrößert und man sieht die Epitheliumzellen und die Congestionszellen in großer Menge vorhanden. —

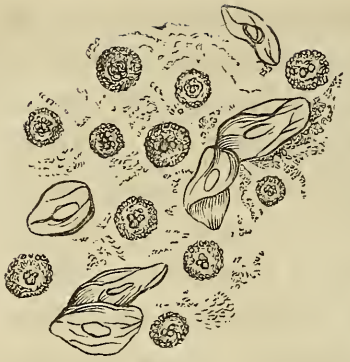


Fig. 133.

Eine durchaus abnorme Flüssigkeit ist der Eiter. Er ist eine eigenthümliche Absonderung entzündeter, in Eiterung übergegangener Gewebe, welche sich dadurch neu zu reproduciren suchen. — Man hat aber einen Unterschied zwischen gutem und schlechtem Eiter (Jauche, wie sich die Chirurgen ausdrücken) zu machen. Guter Eiter ist eine Absonderung von Bildungsstoff, schlechter Eiter ist das Resultat aufgelöster und zerstörter Gewebetheile, vermischt mit einem Theile gleichzeitig abgesonderter Bildungsflüssigkeit. Sobald ein Gewebe, welches Substanzverlust erlitt, sich reproduciren will, dann tritt aus den nächsten feinen Blutgefäßwänden der flüssige Theil des Blutes (Serum oder Plasma), ergießt sich auf die freie Gewebsfläche und es bilden sich kleine Zellen, welche nun zu Formelementen des Gewebstheiles sich fortentwickeln und den Substanzverlust wieder ersetzen. Sie werden deshalb, je nach der Oertlichkeit und dem Plane des Bildungstriebes, Faser, Röhre, Epitheliumzelle ꝛc., und es wiederholt sich also hier ganz derselbe Prozeß, wie in der Bildung des Embryo im Ei, wo Zellen sich in Gewebe des Organismus verwandeln. In dem ergossenen Bildungssafte aber geht in dem nicht verwendeten Ueberschusse eine neue Zellenbildung vor, die Bildungszelle, welche nicht mit als Elementarform in das neue Gewebe eingeht, bildet sich zu eigenthümlichen Zellen, Ei-

terzellen, fort, die große Aehnlichkeit mit den Congestionszellen haben, aber um die Hälfte größer sind und im Durchmesser $^1/_{100}$ Linie messen. Sie sind auch weit schwerer als die Congestionszellen, woher es kommt, daß Eiter im Wasser untersinkt, während Schleim darin schwimmt, ihr Kern ist kahnförmig (man kann ihn durch Essigsäure darstellen, welche die Hülle auflöst und den Kern frei zurückläßt) und ihrer größeren spezifischen Schwere entspricht auch ihr milchiger, undurchsichtiger Inhalt. Je mehr Eiterzellen sich bilden, desto weniger Bildungszellen verwandeln sich in Gewebselemente und daher ist eine profuse Eiterung immer ein Zeichen zögernder, reproduktiver Gewebsbildung und wird deshalb von Chirurgen beschränkt und möglichst verhindert. Ein Tröpfchen Eiter stellt sich unter dem Mikroskope dar, wie in Fig. 134 gezeichnet ist. Bei a sieht man die durch Essigsäure freigemachten Kerne.

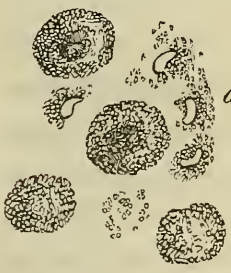


Fig. 134.

Auch in den festen Theilen der organischen Gewebe begegnen wir spezifischen abnormen Zellen, die, dem normalen Bildungstriebe abtrünnig geworden, durch Zellenfortpflanzung fortwuchern. — Hierher gehört z. B. die Krebszelle. Der sogenannte Krebs, den man früher für ein fressendes, die Gewebe zerstörendes Geschwür hielt, ist nichts Anderes, als eine Entstehung und Fortwucherung eigenthümlicher Zellen, welche sich nach den allgemeinen Gesetzen durch Töchterzellen vervielfältigen, durch ihr Leben die Gewebe beeinträchtigen und so spezifischer Natur sind,

daß sie auf einen fremden Boden übertragen werden können. Eine einzige Krebszelle, welche man einem gesunden Individuum einimpft, kann hier durch schnelle Fortpflanzung die Krebswucherung hervorrufen und zeigt dadurch ein ganz parasitisches Leben. — Aehnlich verhält sich die Tuberkelzelle, welche die Tuberkelkrankheit, die Melanosezelle, welche die eigenthümlichen schwarzen Geschwulstwucherungen innerer Organe veranlaßt. Fig. 135 stellt in a Krebszellen, in b Melanosezellen vergrößert dar. —

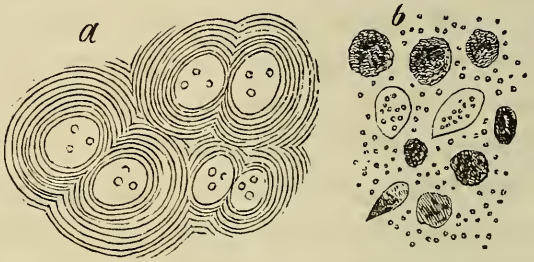


Fig. 135.

Zellen brauchen sich gar nicht einmal durch ihre Gestalt zu unterscheiden und können doch ganz spezifische Potenzen in sich tragen; eine Zelle aus der Impfpustel unterscheidet sich in nichts von einer gewöhnlichen Zelle, wie sie in Schleim und Lymphe vorkommt, und doch ruft ihre Gegenwart und Fortpflanzung, wodurch gerade die Füllung der Pustel vermittelt wird, so gewaltige Reaction des geimpften Organismus hervor. Die Zellen, welche sich im Rotz der Pferde bilden, sind von einem so spezifischen Gifte gesättigt, daß eine einzige dieser Zellen, auf die Schleimhaut der Nase bei gesunden Thieren und Menschen gebracht, eine schnelle Zellenvermehrung und lebensgefährliche Zufälle

hervorruft. Ueberhaupt spielen die Zellen eine große Rolle in dem seither so geheimnißvollen Gebiete der Contagien und viele contagiöse Ansteckungsstoffe bergen sich in kleine Zellen mit spezifischer Natur. Dieses Gebiet der Ansteckungsstoffe gehört recht eigentlich dem Leben im kleinsten Raume an und wird uns sogleich noch besonders beschäftigen.

Auch bei den Pflanzen hat man das Abtrünnigwerden der Zellen als abnorme Bildungen beobachtet. Im vorherrschenden Selbstzwecke folgen gewisse Zellen nicht mehr dem Plane des Bildungstriebes der Pflanze, sondern wuchern als Zellen so zu sagen auf eigene Hand weiter, welche nun so spezifisch werden, daß ihre Zellen als Samenkörnchen erscheinen, die fortstäuben und, an eine andere Pflanze geweht, hier dieselbe Wucherung veranlassen, so daß sie selbst gänzlich als parasitische Pflanzen auftreten. Ein Beispiel ist der Staubbrand des Getreides, ferner das Mutterkorn, wo die Zellen des Fruchtkorns in eine besondere Wucherung übergehen. —

Eines der interessantesten Gebiete mikroskopischer Forschung ist das der Ansteckungsstoffe, der Contagien. Seitdem man die Gestalten des kleinsten Raumes in der Natur näher kennen lernte, fand man auch in diesem mysteriösen Gebiete, daß der ansteckende Stoff sich des Zellenlebens bemächtige und durch dasselbe sich weiter auszubreiten und an anderen Organismen Boden zu gewinnen suche. Die Entdeckungen in dieser Sphäre waren um so überraschender, als man nicht nur in den Zellen des Organismus eine Abtrünnigkeit vom normalen Bildungstriebe und die wuchernde Verfolgung eines Selbstzweckes, mit spezifischer

Produktion eines dem Organismus feindlichen Stoffes erkannte, sondern wirklich als Träger der Ansteckung Zellen antraf, welche ganz wie Pflanzen oder Thiere sich verhielten und die Bedeutung als Pflanzensamen (Sporenzelle) oder thierisches Ei hatten. Diese Entdeckung hat denn auch zu einer Reihe detaillirter Beobachtungen geführt, welche zur Gewißheit brachten, daß viele abnorme Zustände der Organismen nicht nur mit spezifischen Zellenwucherungen, sondern auch in Wirklichkeit mit besonderen Pflanzen- und Thierbildungen begleitet sind und durch deren Samenzellen und Eier auf andere Organismen übertragen werden können.

Daß sich eigenthümliche Zellenpflanzen, Pilze, auf und in höher organisirten Pflanzen bilden, und daß damit sehr oft spezifische Krankheitserscheinungen verbunden sind, haben Mikroskop und vergleichende Beobachtungen thatsächlich bewiesen. — Im Großen kennt man ja diese Erscheinungen als Schimmelbildungen. Es gehört aber keineswegs in das Reich der Ansteckung, wenn wir z. B. auf einer eiternden Wunde einen Pilz wachsen sehen, der auch auf todtem Fleische, auf faulendem Holze vorkommt, denn da alle diese kleinen Pilze Samenzellen (Sporen) von ungemeiner Feinheit ausstäuben, so müssen diese Zellchen auch in der Luft als unsichtbare Stäubchen schweben, und wo sie sich anheften, unter günstigen Bedingungen zur Pflanze auswachsen, abgesehen von den Pilzen, welche sich durch Selbsttheilung vervielfältigen und ein Theilchen nur durch zufällige Berührung auf anderen Boden übertragen zu werden braucht.

Um über die freiwillige Entstehung von Pilzen eine allgemeine Ansicht zu gewinnen, wollen wir den Gährungspilz zuvörderst richtig verstehen lernen. — Derselbe findet sich sowol in todten wie lebendigen Stoffen als eine wahre, freientstehende Pflanze (Saccharomyce genannt) und ihre Vegetation ist nicht nur Folge einer chemischen Veränderung in den Elementen der Substanz, sondern giebt auch wiederum Veranlassung zu fernerer chemischer Stoffumwandlung in anderen gährungsfähigen Materien.

Unter Gährung versteht man eine eigenthümliche Form der Zersetzung organischer Stoffe, welche zuckerhaltig und eiweißstoffig sind, also Stickstoff enthalten. Der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt, nehmen die stickstoffhaltigen Bestandtheile Sauerstoff auf und scheiden sich dabei als ein bräunlicher Niederschlag aus, welchen man Ferment oder Hefe nennt, wodurch der Zuckerstoff angeregt wird, sich in Weingeist und Kohlensäure zu zerlegen, welche letztere die gährende Masse schaumförmig auftreibt. Zu diesem Vorgange chemischer Veränderung ist eine Temperatur nöthig, welche nicht unter 10 Grad Celsius und nicht über 30 Grade beträgt. Der Zuckerstoff in der gährungsfähigen Masse zerfällt also in Weingeist und Kohlensäure, welche beide als solche im Zucker nicht vorhanden waren und sich erst aus dessen Elementen, Kohlen- Sauer- und Wasserstoff, bilden mußten, ohne daß irgend etwas hinzutrat oder ausschied. Der bräunliche stickstoffhaltige Niederschlag aber, den bei höherer Temperatur die schneller sich entbindende Kohlensäure schaumartig in die Höhe treibt und deswegen Oberhefe genannt wird (zum Unterschiede

von der Unterhefe, wo bei niederer Temperatur die Kohlensäure langsamer entbunden wird und die Hefe am Boden sich ansammelt), hat die Eigenschaft, daß er, mit einem anderen gährungsfähigen Körper in Berührung gebracht, in diesem sofort unter den geforderten Temperaturbedingungen Gährung erregt und neue Hefebildung, neben Zersetzung der Zuckertheile in Weingeist und Kohlensäure, veranlaßt. Für unseren Zweck ist es aber besonders bemerkenswerth, daß die Oberhefe sich unter dem Mikroskope als eine unzählige Menge *pflanzlicher Zellen* darstellt, welche, ganz wie Pflanzen, Zelle aus Zelle wachsen und durch ihre Vermehrung die Masse der gährenden Substanz, z. B. des Brotteiges, vermehren. — Diese Zellenbildung ist durchaus nicht gleichgültig bei der Gährung, denn sie ist immer eine gleichzeitige Erscheinung mit der chemischen Thätigkeit, welche den Zuckerstoff umwandelt und mit der rascheren Zellenvegetation geht auch der chemische Prozeß in gleichem Schritte rascher von Statten. Betrachten wir ein Bischen Hefe mikroskopisch, so sehen wir eine Menge kleiner Zellen — sie enthalten also in ihrem Inneren die Anregung zur Gährung zuckerhaltiger Substanzen, haben demnach eine ganz spezifische Tendenz und ihre rasche Vermehrung steigert diese in gleichem Maße. Da sie sich durch nichts in ihrer Form und Vermehrungsweise von Pflanzenzellen unterscheiden, so hat man sie als *Gährungspilz* der Botanik überwiesen, wo man ihn als Saccharomyce in das System mit aufnahm. Macht man den Gährungsversuch ganz im Kleinen unter dem Mikroskope, bringt man eine einzige isolirte Hefenzelle zu einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, so regt

diese eine Zelle den Gährungsprozeß an und man sieht die Zellen sich bald vermehren. — Für die Theorie der Ansteckung ist dieses Beispiel sehr bedeutungsvoll, denn eine einzige Zelle steckt eine andere Substanz an, denselben Prozeß einzugehen, dem sie selbst ihr Dasein verdankt, sie vermehrt durch Zellenfortpflanzung den Ansteckungsstoff. — Sollte es, diesem Beispiele analog, nicht auch andere Ansteckungsstoffe geben, welche als spezifische Zellenpflanzen übertragbar sind, da man wirklich solche Zellen fand und die ansteckende Kraft mit der Zeit, also mit der Zellenvermehrung, immer zunimmt? Diese Frage ist in den letzten Jahren von der Wissenschaft vielfältig besprochen und verschieden beantwortet worden, doch hat die Majorität der Forscher sich dafür erklärt, daß gewisse Ansteckungsstoffe mit der Vegetation von mikroskopischen Pilzen begleitet sind, deren Zellen oder Sporen den Ansteckungsstoff in sich führen und durch Zellenvermehrung steigern und verbreiten.

Ein besonders günstiger Boden für solche Pilze ist die Schleimhaut. Im Schleime, besonders dem abnormen, finden wir eine gährungsfähige Flüssigkeit, welche sich leicht zersetzt und der Bildung von Gährungspilzen förderlich ist. Die Entstehung und das Wachsthum der Hefenpflanze, die man zu jeder beliebigen Zeit beobachten kann, macht, wenn man sie einmal mit Augen verfolgt hat, das Vorkommen von Gährungspilzen auf lebendigen Schleimhäuten begreiflich. Nehmen wir etwas Oberhefe (auch Bier- oder Bäckerhefe genannt) unter ein Mikroskop, dann stellen sich die Zellen theils rund, theils oval dar, sie enthalten eine helle

Flüssigkeit, in welcher man einen hellen, meist excentrisch gelagerten Kern deutlich wahrnehmen kann. Vergleiche Figur 136 a. Ihre Vermehrung geschieht sehr rasch, die Zel-

Fig. 136.

lenhülle verlängert sich, indem sie den Kern in die Ausstackung nachzieht, der neue Theil schnürt sich im fortschreitenden Wachsthume allmälig als neue Zelle von der Mutterzelle ab und diese ist oft das Werk von funfzehn Minuten. Vergl. Fig. 136 b.

Außer der geistigen Gährung, wie wir sie an Wein und Bier beobachten, giebt es noch andere gährungsartige Zersetzungsweisen, die mit der Vegetation spezifischer Hefenzellen verbunden sind. So entdeckt man zuweilen im Urin, besonders bei Personen, welche an Zuckerharnruhr leiden, eigenthümliche Gährungsbläschen, die aber, trotz der allgemeinen Formähnlichkeit, doch von der Bierhefenpflanze spezifisch verschieden sein müssen, da Bierhefe, zu Urin gethan, in diesem nur Bierhefenzellen, nicht aber Uringährungspilze erzeugt.

Auf den Schleimhäuten, namentlich der Menschen, kommt zu Zeiten ein Fadenpilz vor, der schon eine höhere

Stufe pflanzlichen Lebens verräth. Derselbe besteht (Fig. 137) aus feinen Fädchen, welche zwei parallele, sehr genau

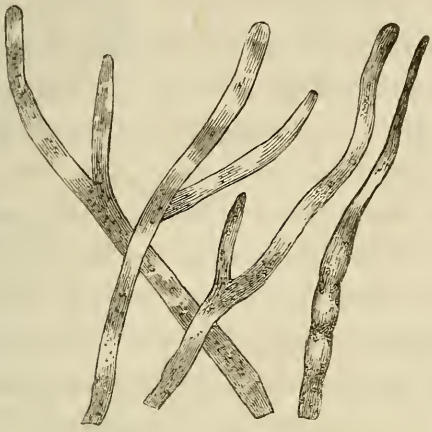


Fig. 137.

gezogene Randcontouren haben, theils hell sind, theils im Inneren kleine Kügelchen einschließen, welche oft so aneinandergelagert sind, daß der Faden scheinbar wie eine in Zellen abgetheilte Bildung aussieht, was aber nicht der Fall ist. Die Fäden theilen sich in gleichdicke dichotomische, zuweilen auch unregelmäßig einseitige Zweige, und da die kleinen Zellen im Inneren keine eigentlichen Sporen sind, sondern sich mehr wie Saftkügelchen verhalten, so pflanzt sich dieser Fadenpilz durch Selbsttheilung fort. Aehnlichkeit hat diese Pflanze mit einem in fließenden und stehenden Gewässern an faulenden Wasserpflanzen vorkommenden Pilze, Leptomitus, der gleichfalls aus glashellen, ästigen Fäden mit körnigem Inhalte besteht.

Der Fadenpilz wurde zuerst auf einer röthlich gefärbten, normalen Schleimhaut in der Speiseröhre gesehen, wo er

mit den Epitheliumzellen und dem Schleime eine graue Masse bildet, die auch mit gewöhnlichen Gährungspilzen gemischt ist. Er wurde auch bei Typhuskranken auf der Zunge gefunden, wo er eine Hauptmasse des schleimigen Belages ausmacht; selbst auf den Rändern der Lippen von kranken Personen ist er nachgewiesen worden, auch bei Neugebornen, welche am Soor leiden, wo Zunge, Gaumen und Lippen damit bedeckt waren. — Namentlich ist die Zunge lebender Menschen, wenn dieselbe mit dickem, grauweißlichen oder gelblichen Belage bedeckt ist, ein Hauptfundort für Gährungs- und Fadenpilze. — So hat man auch bei Aphthen und Mundfäule ähnliche mikroskopische Pflanzen auf der Schleimhaut von Speiseröhre und Mundhöhle vielfältig beobachtet. Es sind auch Impfversuche damit gemacht worden und wirklich ist der Pilz auf neuem, günstigen Boden schnell fortgepflanzt.

Ein höchst merkwürdiger contagiöser Pilz ist die sogenannte Muscardine, jene eigenthümliche Krankheit der Seidenwürmer, welche ganze Seidenbau-Colonieen zu zerstören vermag. Der Pilz entwickelt sich im inneren Fettkörper der Seidenraupe, erfüllt alle inneren Adern, dringt durch die Löcher der Haut hervor, steckt durch Berührung die ganze Zucht an und tödtet die Seidenraupen. Beim Hervorbrechen aus den Hautöffnungen bildet er für das unbewaffnete Auge eine weiße, mehlstaubige, lockere Masse um den Leib des Thieres, die aber unter dem Mikroskope als Fäden sich darstellt, welche, wie in Fig. 138, an der Spitze in büschelförmige Aeste getheilt sind, worin die Sporen wie Rosenkranzstränge hängen.

Fig. 138.

Eine nicht minder merkwürdige parasitische Vegetation, welche als spezifisch organisirte Samenkörperchen in thierischen Geweben vorkommen, sind die sogenannten Psorospermien, von der Größe einer $^1/_6$—$^1/_2$ Linie, welche Joh. Müller in der Augenhöhle des Hechtes und auch bei anderen Fischen, z. B. dem Zander, zuerst auffand. In kleinen Blasen befinden sich zahlreiche Formen mit ovalem Körper und viele derselben sind geschwänzt; die Verschiedenheit ist von den Entwicklungsstufen des Parasiten abhängig und man sieht in Fig. 139 a b alle Formen der

Fig. 139.

Entwicklung neben einander. In einer Mutterzelle bilden sich zwei Töchterzellen, deren Gestalt sich verändert, bis sie die Mutterzelle durchbrechen und frei werden. Es scheint aber zwei Species, geschwänzte und ungeschwänzte zu geben,

da die im Zander gefundenen Formen nur in seltenen Fällen ausnahmsweise geschwänzt erschienen, während die im Hechte sämmtlich geschwänzt waren. Eine neue Variation bot der Fund bei der Pimelode, einer Art Wels dar (b).

Von Wichtigkeit ist eine andere gefährliche Pflanzenwucherung geworden, welche man beim Rotz der Pferde auf der Nasenschleimhaut antrifft und Rotz-Conferve genannt wurde, da sie sich wie eine Conferve (d. h. eine fadenförmige Pflanze mit Sporen in ihren Röhren oder schlauchartigen Erweiterungen) verhält. Directe Beobachtungen haben nachgewiesen, daß die wirkliche Rotzkrankheit, jene gefährliche, tödtende, Thiere und Menschen ansteckende Krankheit der Pferde, immer mit der Gegenwart dieses eigenthümlichen Rotzpilzes verbunden ist und daß die Impfung einer einzigen mikroskopischen Sporenzelle auf eine gesunde Schleimhaut, mit dem Fortwachsen der Spore zur wuchernden und Sporen ausbreitenden Pflanze, auch die Rotzkrankheit überträgt und fortpflanzt. Die rostbräunliche Färbung des Rotzschleimes wird gerade von der Gegenwart der Sporen verursacht, da dieselben rostbraun oder röthlich gefärbt sind.

In Fig. 140 ist diese Rotzpflanze stark vergrößert dargestellt; man sieht ihre von Sporen gefüllten Schläuche oder Endkolben und die freien Sporen in stärkerer Vergrößerung abgebildet.

Diese Pilze wachsen, mit gleichzeitiger, tödtlich endender Saftentmischung des Organismus, tief auf den Schleimflächen der Lungen weiter und jede einzelne Spore, die so leicht bei einem rotzkranken Pferde an Krippe und Wasserge-

Fig. 140.

fäß hängen bleibt, ist ein höchst giftiger Gegenstand für andere Thiere und Menschen.

Eine andere Pflanzenbildung wurde häufig in den Luftsäcken der Vögel, namentlich der Enten, Eulen ꝛc. bemerkt, wo die verfilzten, graugrün gefärbten Pilzfäden sichtbare Schichten auf der Schleimhaut bilden. Unter dem Mikroskope stellen sie sich so dar, wie Fig. 141 versinnlicht. Sie bilden auf kolbigen Enden äußerlich die Sporen.

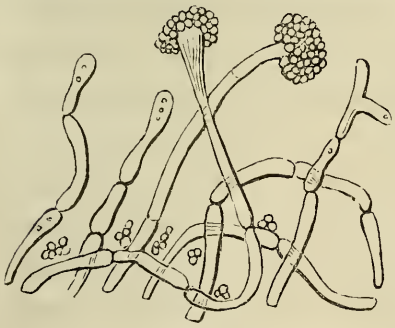


Fig. 141.

Aber nicht allein auf inneren, sondern auch auf äußeren Oberflächen der Thiere kommen abnorme, contagiöse Pflanzenbildungen vor, welche man (im Gegensatze von den ersteren, den Entophyten) Epiphyten nennt. Der merkwürdigste Pilz

dieser Art ist der Favuspilz, der bei dem scrophulösen Kopfgrinde der Menschen auf der Kopfhaut wächst und nicht eine zufällige Begleitung oder ein Product der Krankheit, sondern die Krankheit selbst ist. In den Borken, welche der scrophulöse Kopfgrind auf den behaarten Theilen des Kopfes hervorbringt, findet man mikroskopisch zwei Formen dieses Pilzes, wie sie in Fig. 142 a und b gezeichnet

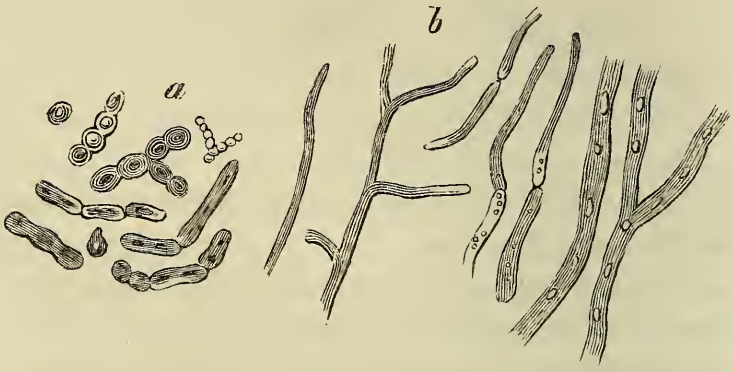


Fig. 142.

sind und wahrscheinlich verschiedene Entwicklungsstufen desselben darstellen. Gleicht die erste, jüngere Form noch mehr den Gährungspilzen (Fig. 136), so stellt sich die andere, ältere Form in ästigen Fäden dar, die scheinbar aus Zellengliedern bestehen, indem ihre inneren Zellsaftkügelchen sich so gelagert haben, als ob Scheidewände vorhanden wären. Der ganze pathologische Verlauf des Kopfgrindes ist mit der vegetabilischen Natur desselben völlig übereinstimmend, er pflanzt sich contagiös durch Wucherung der Pflanze fort, die regelmäßige Krustenbildung, die unbestimmte Fortdauer, das Trocknen der Krusten, das Stre-

ben nach räumlicher Ausdehnung, der Mangel aller Eiterung und Verschwärung der Kopfhaut, — Alles entspricht dem Prozesse einer selbstständigen, auf der Haut wuchernden Vegetation, die sich von anderen chronischen Hautkrankheiten charakteristisch unterscheidet. Daß dieser eigenthümliche Pilz die Grindkrankheit selbst ist, beweist seine Fähigkeit, durch Uebertragung der Pilzzellen auf gesunde Individuen dieselbe Krankheit, dieselbe Pflanzenwucherung hervorzubringen, und es ist dieser Pilz desbalb durchaus contagiös. Auch bei anderen scrophulösen Hautkrankheiten hat man Pilze entdeckt, welche sich von dem Favuspilze mehr oder weniger unterscheiden.

Eine bemerkenswerthe contagiöse Confervenbildung kömmt auf Fröschen und Wassersalamandern vor, die, wo sie einmal ausgebrochen ist, alle Geschöpfe, welche von gleicher Gattung in demselben Wasser leben, durch Sporenübertragung ansteckt, ihr Leben ermattet und tödtet. Diese gleichsam seuchenartige Pflanzenwucherung, welche zunächst auf der äußeren Haut dieser Thiere beginnt und vom Maule und After aus in die inneren Theile auf den Schleimhautflächen sich fortpflanzt, stellt sich bei starker Vergrößerung als veräftelte Fäden dar, die sich an ihrem freien Ende kolbenförmig ausdehnen, indem sich hier die Sporen sammeln und die Wandung durchbrechen. Frösche oder Wassersalamander, bei denen schon die Pilze am Maulrande oder an der Darmöffnung sich ausgebreitet haben, sterben bald, und wenn man die Sporen auf einen gesunden Frosch in einem anderen reinen Gewässer künstlich überpflanzt, so entwickelt sich der Pilz auch hier und verbreitet sich durch das Wasser

schnell über alle anderen Frösche daselbst. Fig. 143 giebt eine Ansicht dieses contagiösen Pilzes in bedeutender Vergrößerung.

Fig. 143.

Man sieht in a die Formen des mit Sporen gefüllten Kolben, in b die austretenden Sporen und in c die Entwicklungsstadien der einzelnen Spore zum Pilzfaden. —

Nicht nur von mikroskopischen Pflanzen sind indessen Thiere und Menschen parasitisch heimgesucht, sondern auch von einer Unzahl kleiner Thiere, welche entweder stetige Begleiter besonderer krankhafter Zustände sind oder nur zufällig und vorübergehend den thierischen oder menschlichen

Körper bewohnen und passiren. — Man hat hier wohl zu unterscheiden zwischen wirklich contagiösen Thieren und zufällig im Organismus sich vorfindenden. Viele Thiere kommen in unseren Körper durch Eierverstreuung, denn da es Thiereier giebt, welche kaum einen Durchmesser von $^1/_{24000}$ Zoll betragen, so ist es erklärlich, wie dieselben durch Luft, Wasser, Berührung und Nahrung an und in den Körper gelangen können. Außerdem hat die Natur bei vielen niederen Thieren die Einrichtung getroffen, daß sie in ihren Entwicklungsstadien Wanderungen antreten müssen, sich in andere Thiere einen Weg bahnen und dort ihre weiteren Metamorphosen durchleben sollen. Wie schon früher erklärt wurde, sind viele verschieden gestaltete Thierchen nur verschiedene Entwicklungsstufen einer und derselben Species, so gelangen die Ammen (Fig. 122) vieler Eingeweidewürmer in den mannichfaltigsten Gestalten in die freie Natur, in die Gewässer; bohren sich in andere Thiere wieder ein, um neue Verwandlungsakte durchzumachen und endlich an ihren eigentlichen Ort zu gelangen. Eine Unzahl von Thierchen nimmt deshalb seinen Entwicklungsweg durch die Körper höherer Thiere und auch der Menschen. Die Zahl der Beobachtungen, wo man in inneren Theilen von Thieren und Menschen Schmarotzerthierchen gefunden hat, ist durch die Anwendung guter Mikroskope zu ungeheuerer Größe angewachsen. — Man fand sie in den Hautporen, in den Nagelsäumen, den Oeffnungen des Leibes, unter der Haut, in allen Eingeweiden, im Gehirn, im Augapfel, in den Säften ꝛc.

Als wirkliche, dem Menschen eigenthümliche Schma-

rotzerthiere, welche, wo sie sich finden, Erscheinungen hervorrufen, die man früher als Krankheiten und Folgen von Säfteentmischung beurtheilte, interessiren uns besonders zwei Milben, nämlich die Krätzmilbe und die Haarbalgmilbe.

Die Krätze ist nichts Anderes, als eine pustulöse Hautentzündung, hervorgerufen durch den Reiz, welchen die Gegenwart einer Milbe verursacht, die von der Natur angewiesen wurde, die Haut der Menschen zu ihrem Wohnsitze und Brutplatze aufzusuchen. Alles, was die Medicin früher von einem in den Säften des Körpers entstandenen Krätzgifte, von zurückgetretener Krätze u. drgl. gelehrt hat, gehört in das Reich der Fabel, denn nur die von Außen her gekommene Milbe erregt die Pustelbildung, das Jücken und mit ihrer Vertilgung durch äußere Mittel tritt auch die Heilung ein. Daß langdauernde Krätze allgemeine Zufälle, Abzehrung und innere Reactionen zur Folge haben kann, erklärt sich aus der Störung der normalen Hautfunction, aus dem dauernden entzündlichen Reize, wo die Krätze große Ausbreitung gewann.

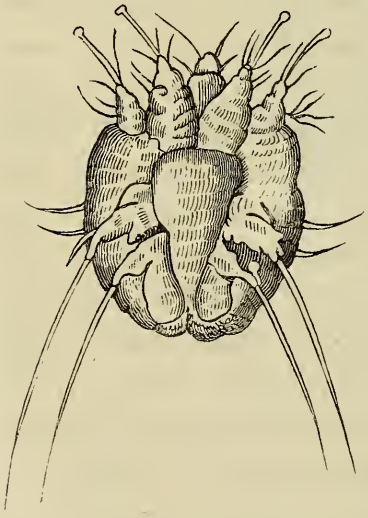


Fig. 144.

Die menschliche Krätzmilbe (Sarcoptas scabiei) ist in Fig. 144 von der Bauchfläche aus stark ver-

größert gezeichnet, da sie in Wirklichkeit nur $^1/_{10}$ Linie groß ist.

Das Thier, dessen rüsselförmiger Kopf eine röthliche Farbe hat, bohrt sich in die Oberhaut des Menschen ein, minirt sich einen äußerst feinen, 2—3 Linien langen Gang in schiefer Richtung, und an der äußeren Oeffnung dieses Minirganges erhebt sich, in Folge des Reizes, die entzündliche Pustel, während die Milbe in das tiefere Ende ihres Ganges Eier legt.

Eine andere Gestalt hat die Haarbalgmilbe (Simonea folliculorum). — Sie lebt in ziemlich großer Anzahl in den Haarbälgen des Gesichtes der Menschen und namentlich auch in den sogenannten Mitessern, welche als schwarze, ausdrückbare Punkte häufig auf der Nase vorkommen. — Bei der Pustelkrankheit des Gesichts, welche man Acne, Hautfinne oder Kupferausschlag nennt, findet sich diese Milbe auch viel in dem Inhalte der ausgedrückten Pusteln. Ueberall in der Haut und so auch im Gesichte liegen kleine Bälge eingestreut, in welchen die Haarabsonderung geschieht; man heißt sie deshalb Haarbälge und sie sind immer mit Drüsenbälgen umgeben, die ihren Ausführungsgang in den oberen, flaschenhalsförmigen Theil des Haarbalges münden, um das hervordrängende, noch weiche Haar mit Fett zu überziehen. Diese Haarbälge finden sich auch an den scheinbar unbehaarten Theilen der Haut, wo aber doch höchst feine, mikroskopisch deutliche Haare vorhanden sind. Die sogenannten Mitesser sind entweder verstopfte Talgdrüsen oder erkrankte Haarbälge, in denen man oft, statt eines normalen Haares, ein Bündel unvollkom-

mener Härchenrudimente antrifft. In diesen Haarbälgen, mögen sie nun zu Finnen oder Miteffern umgeändert sein, lebt die merkwürdige Haarmilbe, die man findet, wenn man den ausgedrückten Inhalt unter ein gutes Mikroskop bringt. Man findet in einem Haarbalge oft 4—8 solcher Thiere, deren größte Länge höchstens $^1/_{10}$ Linie beträgt. Ihre Form ist aber nicht gleich, sie bietet verschiedene Entwicklungsstadien des Thieres dar. In Fig. 145 sind dieselben nach der Natur abgebildet. Anfangs haben die Thiere (gleich der Krätzmilbe) nur sechs Beine (a); später bekommen sie deren acht und einen breiteren Schwanz (b); dann beginnt das Thier sich zu verkürzen, bis es die Gestalt wie c erhält. — Fig. d stellt einen Haarbalg mit einer einmündenden Talgdrüse dar; sowol in dieser wie im Haarbalge erblickt man die Milben. Ihre Eier haben die Gestalt wie e. —

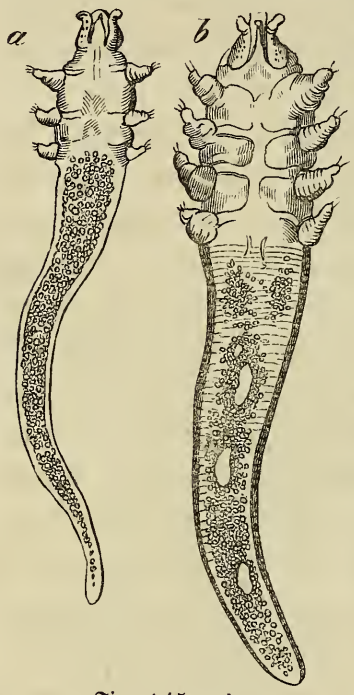


Fig. 145 a, b.

Die Thiere sind von animalischen Parasiten weit mehr heimgesucht, als die Menschen; es verwundert uns dieses nicht, wenn man einmal weiß, daß die Entwicklungswanderungen vieler Eingeweidewürmer, Insekten ꝛc. ihren Weg durch die Leiber anderer Thiere nehmen. So giebt es in den

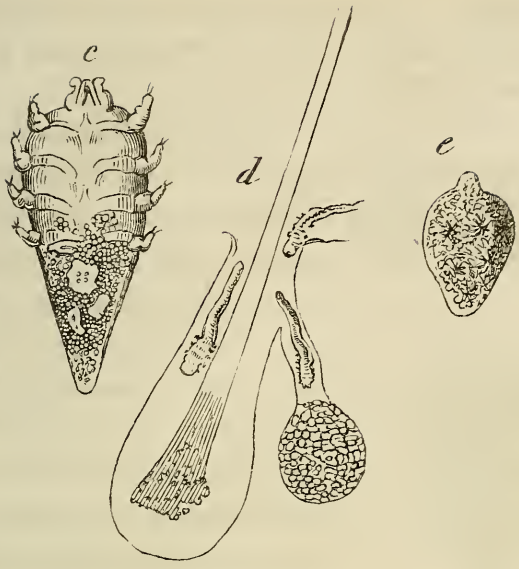


Fig. 145 c, d, e.

Stirnhöhlen und den Lungen vieler Säugethiere, Eidechsen und Schlangen einen sogenannten Zungenwurm (Linguatula), welcher weder Sinne noch Körperglieder hat, sondern am Munde nur mit zwei Paaren scharfer, gekrümmter und beweglicher Haken bewaffnet ist. Seine Gestalt ist vergrößert in Fig. 146 abgebildet.

Fig. 146.

Wenn man nicht wüßte, daß die unausgebildeten Thiere dieser unteren Klassen oft mehrfache Formen annähmen, die nicht die mindeste Aehnlichkeit mit dem Mutterthiere oder der Gestalt der völligen Ausbildung haben, so würde man kaum vermuthen, daß jenes langgestreckte Thier in seinem unentwickelten Zustande, als ein aus dem

Eie getretener, selbstständig lebender Embryo, die Gestalt hat, wie Fig. 147, a von der Seite und b von der Bauchfläche aus, darstellt.

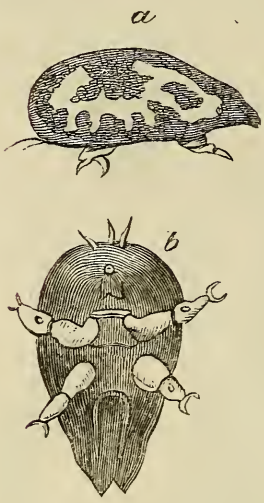


Fig. 147.

Es giebt überhaupt wol kein Thier, welches seinen Leib nicht anderen parasitischen Thieren zum Wohnplatze hergeben müßte, und selbst Parasiten werden wieder von Parasiten bewohnt, wie z. B. die Larven von Schlupfwespen (Ichneumonen) von den Larven anderer, kleinerer Ichneumonen, oder wie der Schmarotzerkrebs (Achtheres Percarum), auch Barschlaus genannt, welcher zeitlebens mit seinen Zangen an dem Gaumen oder den Kiemen der Dorsche und Kaulbarsche hängt, äußerlich von einer Milbe und innerlich von einem Fadenwurme bewohnt wird. Der Mensch allein muß seinen Leib für 16—18 Arten Thiere, die seine inneren Eingeweide, und 8—10 Arten, die seine Hautfläche bewohnen, hergeben; — der Hund wird innerlich von 12 und äußerlich von noch mehren Parasiten bewohnt, unser Rindvieh hat in seinen inneren Organen 16 Arten von Schmarotzerthieren zu ernähren, der gewöhnliche Frosch 14, der gemeine Igel 13 u. s. w. Die Zahl der Parasiten ist deshalb ungeheuer groß und man kennt sie noch nicht einmal alle. Manche derselben sind nicht auf eine bestimmte Thierspecies angewiesen, sondern bewohnen bald dieses, bald jenes Thier, andere aber wohnen immer nur auf einer und

derselben Species und suchen nie eine andere Thierart zum Wohnorte auf, wie z. B. der Nestelwurm (Filaria medinensis), welcher nur allein die Menschen in den Tropengegenden der alten Welt aufsucht, sich an den Beinen unter die Haut in das Zellgewebe einbohrt und gefährliche Krämpfe verursacht, oder wie der Wurm Echynorhynchus Gigas, welcher nur im Dünndarme der Schweine lebt, oder wie jedes Säugethier seine besonderen Krätz- und Räudemilben trägt. Und selbst die edelsten Organe, Gehirn, Rückenmark, Auge und Ohr müssen zum Wohnorte der Parasiten dienen. — Diejenigen Thiere, welche Entwicklungswanderungen antreten, bewohnen auch wol in ihren verschiedenen Lebensperioden und Formwandlungen verschiedene höhere Thiere, so daß sie mit jeder neuen Altersstufe eine andere Thierart zum Wohnsitze aufsuchen.

Wie gelangen sie aber in die Eingeweide anderer Thiere hinein? Früher, als man noch die Eierbildung der Parasiten nicht kannte, als man die Entwicklungsformen derselben nicht beobachtet hatte und an eine Urzeugung glaubte, erklärte man sich die Entstehung der inneren Parasiten, wie z. B. der Eingeweidewürmer, ziemlich fabelhaft aus einer Entmischung der Säfte. — Jetzt ist man aber darüber eines Besseren belehrt worden. Die wandernden Parasiten schlüpfen entweder durch die natürlichen Leibesöffnungen ein und aus oder sie bohren sich in die Gewebe der Organe ein und gelangen so in das Innere derselben und in die Höhlungen des Körpers. Viele werden mit den Nahrungsmitteln verschluckt und entfernen sich oder ihre Eier wieder auf dem Wege der Excremente und Absonderungen. So kriechen

z. B. die eben aus dem Ei gekommenen Larven der Dasselfliege (Oestrus) in das Maul der Pferde hinein, was ihnen dadurch erleichtert wird, daß die Weibchen ihre kleinen Eier an die Spitzen der Haare legen, so daß, wenn sich die Thiere mit der Zunge putzen, die ausgeschlüpften Larven rasch in die Mundhöhle gelangen können, von wo sie dann in den Darm weiter wandern und später mit den Excrementen wieder an die freie Luft treten. — Die Raupenfliegen (Tachinen) legen ihre Larven auf die Haut der Raupen und die Larven, welche sogleich selbstständige Lebensbeweglichkeit haben, bohren sich schnell in den Leib der Raupen ein, während die Schlupfwespen sogleich mittelst ihrer sich einbohrenden Legeröhre ihre Eier in das Innere der Raupen und Insektenpuppen führen. Die in den Eingeweiden der Menschen und Thiere lebenden Würmer produciren eine ungeheuere Zahl von Eiern, welche auf natürlichen Wegen den Darmkanal verlassen und eine Zeit lang ruhig in der äußeren Natur umhergetrieben werden, bis sie endlich durch Zufall mit Speisen und Getränken von anderen Menschen und Thieren wieder aufgenommen werden, wo sie dann ihre Entwicklung beginnen. Dafür sprechen directe Beobachtungen. Daß wir mit dem Trinkwasser viele Eier und Larven solcher Parasiten verschlucken, ist unzweifelhaft, denn man findet im Wasser häufig mikroskopische Thierchen, die nichts Anderes als Entwicklungsformen von Eingeweidewürmern sind, und viele reife Würmer wandern freiwillig aus dem Darmkanale der Menschen und Thiere aus, um ihre Eier in der freien Natur, namentlich in den Gewässern, zu zerstreuen, kommen mit dem Dünger auf die Felder und be-

halten nach langer Zeit noch ihre Entwicklungsfähigkeit, wenn sie später wieder durch Nahrungsmittel in den Darm gelangen. Ja, es ist sogar höchst wahrscheinlich, daß die Ammen (Fig. 122) mancher Eingeweidethiere in Nahrungspflanzen kriechen; man fand in dem Samenkorn des Getreides, namentlich im brandigen Korn, viele solcher Thierchen, Grasälchen genannt, von ungewöhnlicher Lebenszähigkeit, daß sie mit dem Korne eintrocknen, verarbeitet werden und doch wieder ihre Weiterentwicklung fortsetzen können, sobald sie wieder feucht oder in den Thierkörper eingeführt werden. Die grasfressenden Thiere mögen auf diese Weise viele Eingeweidewürmer erhalten. —

Einen scheinbar schwierigeren Weg in die Organe haben diejenigen Schmarotzerthiere, welche nicht im Darmkanale wohnen und nicht durch die natürlichen Leibesöffnungen ein- und ausschlüpfen können, sondern in geschlossenen Höhlen und Geweben leben, die oft weit vom Darmkanale und den Außenmündungen des Organismus entfernt sind. Aber auch hier wußte die Natur auszuhelfen, einmal durch die ungeheuere Kleinheit der Parasiten, dann aber auch durch ihre Lebenszähigkeit selbst und durch ihre Fähigkeit, sich künstliche Wege zu bahnen. So ist es Thatsache, daß solche Parasiten sich in den Körper einbohren, die Wand eines feinen Blutäderchens durchdringen, vom Blutstrome sich durch den Organismus forttreiben lassen, bis sie in die Gegend gerathen, wo sie instinktmäßig ihren rechten Wohnort wittern, die Gefäßwand wieder durchbohren und in das Gewebe gelangen. Man fand solche Thierchen in Gestalt äußerst kleiner, aalförmiger Fadenwürmchen im Blute der

Frösche, der Hunde, der Fische, ja sogar bei Menschen, welche am Schwindel litten. —

Hat man einmal die Unzahl von Eiern erblickt, welche ein einziger Band- oder Spulwurm producirt, so müßte man sich wundern, daß nicht alle Menschen und Thiere voll von diesen Würmern sind. Jedenfalls gehen Millionen dieser Eier auf ihrer Wanderung in die freie Natur und der zufälligen Rückkehr in andere Menschen und Thiere zu Grunde, aber die Natur hat auf diese Verluste schon mitgerechnet, indem sie die Menge zu unaussprechbaren Zahlen steigerte und den Eiern eine große Lebenszähigkeit verlieh. Unzählige solcher Eier müssen auch in solche Thiere sich *verirren*, welche nicht für ihre Wohnstätte bestimmt sind und ihrer Entwicklung keinen günstigen Boden darbieten. Hier gehen dann die Eier ebenfalls zu Grunde oder sie erreichen nicht die Reife zur eigenen Geschlechtsausbildung. Man fand bereits solche verkümmerte Eingeweidewürmer ohne Geschlechtsorgane und hohlen Blasen gleich, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß manche, noch als besondere Thiere geltende Parasiten nur verkrüppelte Exemplare anderer Arten sind, wie z. B. die Blasenwürmer nur wassersüchtig gewordene entartete Bandwürmer sind, und der in der Leber von Ratten und Mäusen vorkommende Cysticercus nur eine verkümmerte Bildung des dickhalsigen Bandwurms der Katzen ist.

Die bessere naturgeschichtliche Kenntniß von den Parasiten hat denn auch in ärztlicher Beziehung die alte Idee einer *Wurmanlage*, als Folge schlechter und schwacher Ernährungs- und Assimilationsthätigkeit des Organismus

bedeutend modificirt. Man kann nur zugestehen, daß schwache Verdauung und Assimilation der Entwicklung eingeführter Eier und Larven einen günstigeren Lebensboden darbieten, während ein kräftiges Verdauungsleben den Parasiten feindlich ist, sie forttreibt oder sie geradezu mit verdaut und damit tödtet. Daraus erklärt man den Umstand, daß wir, die wir doch Tausende von parasitischen Eiern und Larven mit verschlucken, nicht ganz von Würmern vollgestopft sind, während Schwächliche, namentlich Scrophulöse, keinen Mangel daran haben. —

Um einen ungefähren Ueberblick über die Parasiten der Menschen und Thiere zu gewinnen, möchte es dem Leser nicht uninteressant sein, einige vorzügliche Repräsentanten in der Kürze zu bezeichnen, wobei uns namentlich diejenigen interessiren, welche, dem kleinsten Raume angehörend, nur dem Mikroskope gänzlich deutlich oder von ihm allein auffindbar geworden sind.

Der Mensch wird zunächst von verschiedenen Insekten aufgesucht, denen er zum Wohnplatze dienen muß. Eines der bösesten Thiere dieser Art ist die Oestrusfliege oder Dasselfliege, welche wir in Europa nicht haben, obgleich hier andere Arten den Säugethieren und auch wol ausnahmsweise den Menschen lästig werden. Die ächte Menschen-Dasselfliege ist im südlichen Amerika heimisch, wo die Larve nur die Menschen sucht, sich unter die Haut einbohrt und sehr schmerzhafte Geschwülste und Eiterbeulen verursacht. Die Larve steckt darin mit dem Vordertheile nach Innen, mit dem Hintertheile gegen die Eiterbeule gekehrt, um hier mit den hinten mündenden Luftkanälen zu athmen. Bei

der Verpuppung kriechen sie aus der Eiterbeule heraus und fallen zur Erde.

Von dem gemeinen Floh, von dem jede Säugethierart eine besondere Species besitzt und selbst Vögel eigenthümliche Flöhe haben, läßt sich nichts weiter Neues sagen, als daß es irrthümlich ist, daß Thiere, z. B. die Hunde, auch

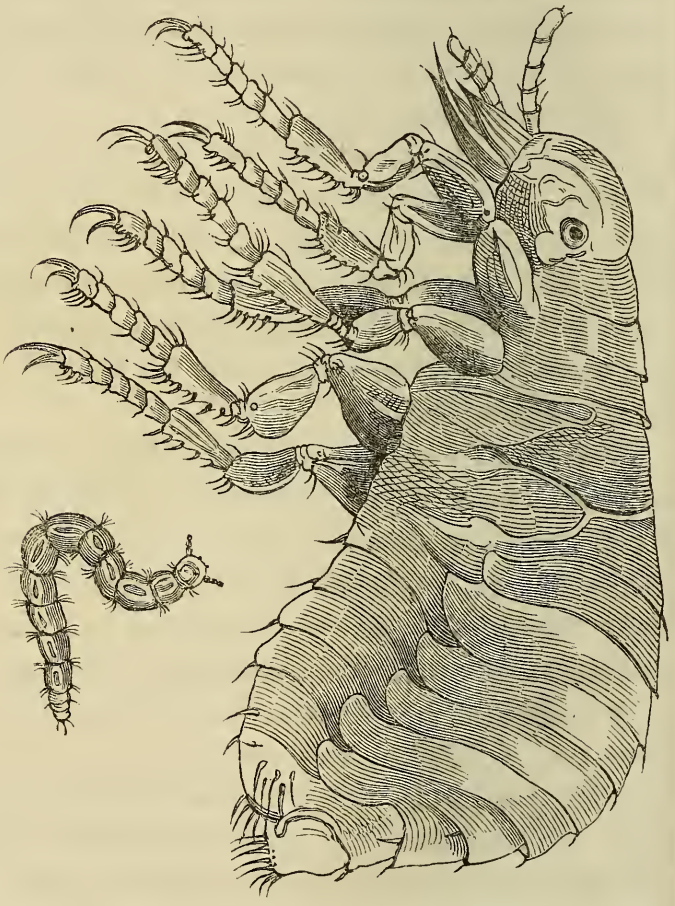


Fig. 148.

Menschenflöhe beherbergten; wo es vorkommt, ist es doch nur selten, indem sich ein Hundefloh auf den Menschen und ein Menschenfloh auf den Hund verirrt hat. Nur die Weibchen der Flöhe stechen und saugen Blut, die Männchen niemals. Die Larven, welche sie in die Ritzen der Dielen, in den Mist ꝛc. legen, sind fußlos, madenartig, mit hornigem Kopfe und springen durch kreisförmige Bewegungen des Körpers von der Stelle. Sie spinnen sich nach zwölf Tagen einen kleinen Seidencocon, worin sie sich während neuer zwölf Tage zu vollkommenen Flöhen entwickeln. Fig. 148 giebt eine starke Vergrößerung vom Menschenflohe und seiner Larve.

Eine gefährlichere Art ist der in Südamerika und Westindien lebende Sandfloh (Chique oder Bicho), welcher sich schnell unter die Zehennägel der Menschen, aber auch wol an anderen Theilen unter die Haut bohrt, um seine Brut hineinzulegen. Die Stelle erscheint dann wie ein kleines schwarzes Pünktchen, um welches sich ein helles Bläschen, oft von Erbsengröße, entwickelt, wahrscheinlich nichts Anderes, als der wassersüchtig gewordene Leib des Weibchens, der, wenn dasselbe abstirbt, den Eiern als gemeinschaftliche Hülle dient. Die daraus entstehenden Larven bohren sich dann in die nächste Umgebung kleine Gänge, erregen bösartige Geschwüre, bis sie dann auswandern, um sich anderswo zu verwandeln. In Brasilien giebt es auch andere Species Sandflöhe, welche Thiere aufsuchen, und man findet dort selten ein Hausthier, das nicht davon verstümmelt wäre. Eine Abbildung des Sandflohes der Menschen giebt Fig. 149 a; in b sieht man den wassersüchtigen

eierhaltigen Leib des Weibchens, wie dieser das helle Bläschen auf der Haut bildet.

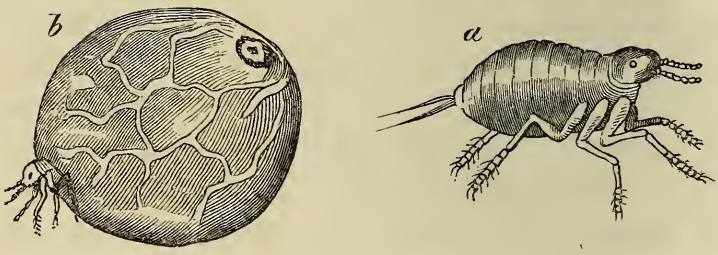


Fig. 149.

Unter der widerwärtigen Sippschaft der Läuse hat die Natur vier Arten an den Menschen verwiesen, um sie von dessen Blute zu nähren. Zunächst ist es die Kopflaus, welche ihre Eier, als sogenannte Nisse, an die Haare klebt und sich sehr rasch vermehrt. Unreinlichkeit und Kopfausschläge begünstigen ihre Ausbreitung. Sie haben einen eckigen Kopf mit kurzen Fühlhörnern, schwacher Behaarung und aus fünf Gliedern bestehend; die Augen hinter den Fühlern sind klein, der Rüssel kann in den Kopf zurückgezogen werden; Brust und Leib scheiden sich nicht deutlich. Die Füße haben eine gekrümmte Klaue zum Anklammern. Fig. 150 a stellt eine stark vergrößerte menschliche Kopflaus dar. Die Eier werden, als sogenannte Nisse, an die Haare geklemmt und die Jungen entwickeln sich darin binnen neun Tagen. — Eine solche junge, eben aus dem reifen Ei gekommene Laus ist in b dargestellt. —

Die Kleiderlaus, welche in den slavischen Nationen besonders heimisch ist, wohnt auf der unbehaarten Haut des Menschen und sucht in den Kleiderstoffen und deren Nähten ihre Schlupfwinkel, wohin sie ihre Eier legt. Man

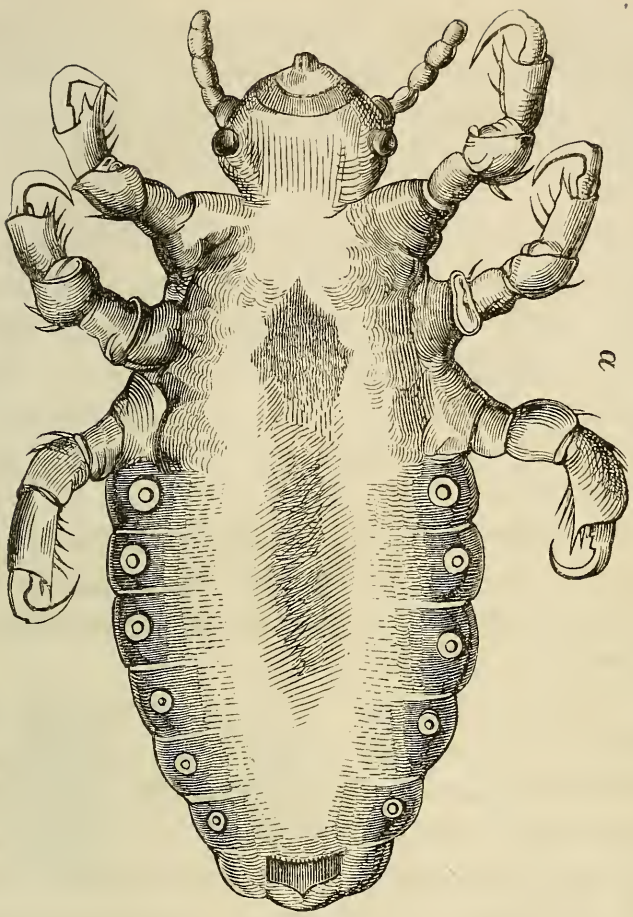


Fig. 150 a.

glaubte früher, diese Thiere entständen freiwillig im Schmutze des Leibes unreinlicher Personen, aber diese alte Ansicht ist durch die Beobachtung der Verbreitung durch Eier völlig widerlegt. Die Kleiderlaus ist gelblich, länger als die Kopflaus, ist 1 Linie groß und am Hinterleibe ungefleckt.

Die Filzlaus, welche nur auf den behaarten Stellen

Fig. 150 b.

der menschlichen Haut lebt, aber stets die Kopfhaare unberührt läßt, ist nur ½ Linie lang, hat eine kleine, vom viereckigen Hinterleibe kaum geschiedene Brust und bohrt sich mit dem Kopfe tief in die Haut ein.

Eine merkwürdige Laus ist diejenige, welche durch ihre Gegenwart die Läusesucht bedingt. Unter gewissen Krankheitssymptomen brechen plötzlich diese Thiere in zahlreicher Menge hervor, indem die Haut Runzeln und Schuppen erhält, unter denen immer neue Thiere hervorkriechen. Dieselben sind blaßgelb, haben einen sehr großen Brustkasten und eine Größe von 1¼ Linie. Sie sollen, glaubt man noch vielfältig, durch Urzeugung entstehen und gehen niemals auf gesunde Menschen über. Sie sind übrigens noch immer nicht wissenschaftlich beobachtet worden, da die Läusesucht doch selten vorkommt und die behandelnden Aerzte bisher versäumt haben, einen Kenner und Mikroskopiker zu befragen, weshalb man auch glaubt, daß manchmal nur

Milben eine gewisse Hautkrankheit begleitet haben, wo der Arzt die Läusesucht zu sehen glaubte. Uebrigens starben an dieser widerlichen Krankheit Herodes und Sulla, so wie der deutsche Kaiser Max und der spanische König Philipp II. —

Aus der Gattung der Milben haben wir bereits die Krätzmilbe und Haarbalgmilbe beschrieben; andere verfolgen den Menschen, um in dessen Haut ihren Vorderleib einzubohren. So sitzt in Europa auf Gebüschen ganz ungesehen die kleine Milbe Ixodes, auch Holzbock genannt, und wartet darauf, von Menschen unbemerkt berührt und von den Blättern abgestreift zu werden. Dann saugt sie sich voll Blut und schwillt dabei so an, daß sie oft über hundertmal dicker wird, als sie im nüchternen Zustande war. In Fig. 151 giebt a eine Abbildung dieses europäischen Holzbockes in ansehnlicher Vergrößerung, während b den amerikanischen, die sogenannte Nigua darstellt, welcher in Amerika's Wäldern zu den größten Plagen der Menschen und Thiere gehört. Eine andere, in Deutschland heimische Milbe von rother Farbe und mit sechs Füßen, welche Leptus genannt ist und von welcher man vermuthet, daß sie der Jugend- und Entwicklungszustand einer achtfüßigen Milbe sei, bohrt sich ebenfalls gern in die Haut der Menschen mit ihrem vorderen Leibesende ein und erregt dadurch Pusteln und Geschwüre.

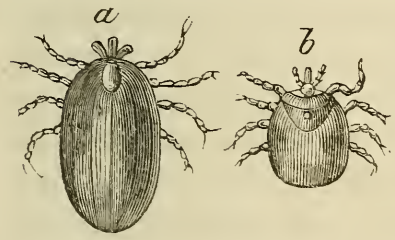


Fig. 151.

Auch unter den Krebsgattungen giebt es viele Schmarotzerthiere, welche aber dem Menschen völlig fremd sind und namentlich die Fische belästigen, wie z. B. die sogenannte Barschlaus, welche sich mit ihren Klammern an die Kiemen des Barsches hängt und hier zeitlebens verharrt. Dagegen aber ist der Mensch ein Wohnsitz für eine große Zahl Würmer, welche die Natur auf dessen innere Eingeweide angewiesen hat. Es hat der Mensch diese Schmarotzerthiere mit fast allen Thieren gemein, denn viele Parasiten sind dazu getrieben, ihre Entwicklungswanderungen durch andere Thierleiber zu nehmen. — Ein weitverbreiteter Wurm, der besonders die Insekten, namentlich Käfer bewohnt, ist der Gordius aquaticus, ein Fadenwurm von großer Feinheit, aber bedeutender Länge. Oft füllt er in aufgewickelter Lage die Leibeshöhle der Insekten so vollständig aus, daß man nicht begreift, wie ein Thier dabei hat fortleben können. Es giebt Männchen und Weibchen von diesem Fadenwurme und sie brechen, zur Zeit der Geschlechtsreife, aus den Insektenleibern zwischen den Ringeln der Raupen und dem weichen Hinterleibe der Käfer heraus, um in das Freie zu gelangen und ihre Eier an einem passenden Orte, am Liebsten im Wasser abzusetzen. Können sie das Wasser nicht erreichen und müssen sie an trocknen Orten bleiben, so zeigen sie eine so bedeutende Lebenszähigkeit, daß sie, trotz eines langdauernden Scheintodes, alsbald wieder aufleben, wenn sie mit Wasser befeuchtet werden. Die abgesetzten Eier bilden eine äußerst lange Schnur, welche das Weibchen beim Legen vielfach um seinen eigenen Leib wickelt und dadurch die lange Schnur aus der Geschlechtsöffnung hervorzieht. —

Ein dem Menschen der heißen Zone Asiens und der klassischen Welt sehr lästiger, fadenförmiger Wurm ist der schon vorhin im Allgemeinen erwähnte Nestelwurm (Filaria medinensis), der kaum die Dicke von 1 Linie, dagegen eine Länge von 10—30 Fuß hat. Er verlebt seine Jugendzeit im Freien, bohrt sich dann in die Haut der Füße und Beine, besonders bei denjenigen Menschen ein, welche in feuchter Jahreszeit mit unbeschuhten Füßen im Freien gehen. Seine Gegenwart erregt heftige Schmerzen und bösartige Geschwüre, und sobald das Thier seine Geschlechtsreife erlangt hat und Eier legen will, bricht es aus der Haut hervor, um den Menschen zu verlassen und wieder in's Freie zu gelangen. Diesen Zeitpunkt benutzt man, den Wurm auf langsame und vorsichtige Weise über ein umgedrehtes Stäbchen herauszuwickeln, wobei man das Abreißen verhütet, da seine Leibesröhre eine Feuchtigkeit enthält, welche ätzend ist und auf das Geschwür vergiftend einwirkt, indem leicht Brand danach entsteht. Diese giftige Eigenschaft der Leibesflüssigkeit findet man bei fast allen diesen Würmern, welche zur Gattung Nematodes gehören, wozu auch der gewöhnliche Spulwurm zählt. Bei anatomischen Untersuchungen von Ascariden bekommen die Anatomen nicht selten Niesen, Thränen und Anschwellen der Augen, so wie starkes Jucken und Anschwellen der Finger. — Die von der Filaria hervorgebrachten Eier werden frei in die Gewässer gelegt, wo sie sich entwickeln und dann wieder die Menschenhaut zum Wohnsitze aufsuchen. Da man bisher nur Weibchen in der Haut antraf, so ist es wahrscheinlich, daß die Männchen, welche man übrigens noch nicht beobachtet hat, zeitlebens

im Freien bleiben und vielleicht nur zu Zeiten auftreten, ähnlich etwa wie bei den Blattläusen, wo nicht alle Generationen von Männchen begleitet sind, sondern die einmalige Befruchtung der Weibchen für mehrere Generationen ausreicht, während unterdessen die Männchen gänzlich verschwinden. Man hat noch einen anderen Fadenwurm in den Luftröhrenästen des Menschen gefunden, wie man nicht selten in Säugethieren antrifft, wo jener fadendünne Wurm die Verzweigungen der Luftröhre bewohnt.

Ein in ungeheuerer Anzahl oft in dem Blind- und Dickdarme der Menschen gefundener Parasit, von dessen Gegenwart der Mensch während des Lebens keine Ahnung hatte, weil dieser Parasit, selbst in bedeutender Menge, niemals Beschwerden veranlaßt und seine Anwesenheit dadurch verräth, ist der sogenannte Peitschenwurm (Trichocephalus dispar) Fig. 152. —

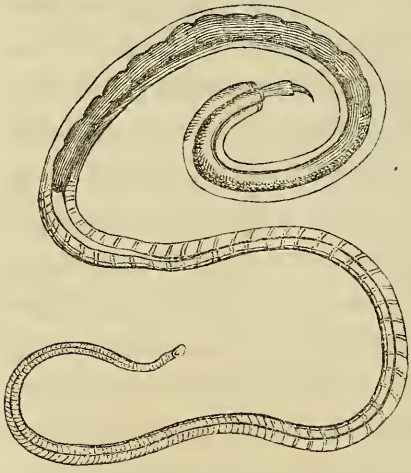


Fig. 152.

Sein vorderer, haarförmiger Theil nimmt 2/3 der ganzen Körperlänge ein, die an 2 Zoll beträgt, und es leben im Menschendarme immer Männchen und Weibchen gesellig beisammen. Die Letzteren strotzen gewöhnlich von Eiern, welche im Darme abgesetzt werden. — Gefährlicher ist der Palliſadenwurm (Strongylus gigas),

der vorzugsweise in den Nieren der Schweine, Hunde, Pferde, Wölfe ꝛc. heimisch ist, aber auch im Menschen vorkommt und durch Zerstörung der Niere den Tod verursacht. Er ist oft 3 Fuß lang, in der Jugend schön hochroth und hat am Maule sechs Knötchen. Oft sieht man im Urine der damit Befallenen kleine Würmchen abgehen, die wahrscheinlich die Jungen dieses Thieres sind. — Ein anderer Parasit, der Pfriemenschwanz (Oxyurus), findet sich bei Kindern ungemein häufig im Mastdarme. Man kennt von diesem vorn dicken, in einen haarförmigen Schwanz sich verdünnenden Parasiten auch noch nicht die Männchen, nur ein Naturforscher will sie beobachtet haben und es mag sich mit ihnen ebenso verhalten, wie mit der Filaria. Da man immer nur ausgewachsene Thiere im Darm der Menschen sieht, so schlüpfen ohne Zweifel die Eier mit den Excrementen in's Freie, wo sie sich entwickeln, einzelnen Männchen begegnen und dann befruchtet in den Menschen wieder einwandern, vielleicht durch das Trinkwasser. Das Gleiche findet bei den so viel verbreiteten Spulwürmern (Ascaris lumbricoides) Statt, deren Eier in das Freie schlüpfen und sich erst hier entwickeln, um auf irgend eine zufällige Art wieder in den Menschendarm zu gelangen. Junge, im Darm bereits befindliche Spulwürmer bekommen auch zuweilen den Trieb der Wanderung, indem sie mit ihrem Kopfende allmälig die Fasern des Darms auseinanderdrängen und in die Leibeshöhle schlüpfen, während sich die feine Darmöffnung durch Contractilität wieder schließt. In der Leibeshöhle aber erregen sie durch ihre reizende Gegenwart und ihr Wachsthum eine Entzündung, es bildet sich ein Abscess, der sich im

günstigen Falle nach Außen öffnet und lebendige Würmer entleert.

Auch in den Muskeln der Menschen lebt ein Wurm, den man Trichina spiralis nannte, sehr klein ist, eingekapselt zwischen den Fasern der willkürlichen Muskeln liegt, niemals Geschlechtsorgane erkennen läßt und seiner Natur und Species nach noch sehr zweifelhaft beurtheilt wird. Man glaubt, daß es ein junges, unentwickeltes Exemplar irgend einer anderen Art von Eingeweidewürmern ist, der seinen wahren parasitischen Wohnplatz auf seiner Wanderung verfehlt, sich in der Muskelsubstanz eingekapselt hat und allmälig abstirbt, zumal man sie schon in eine glasige oder kalkige Masse verwandelt fand.

Zu den interessantesten Parasiten, deren Mannichfaltigkeit der Vermehrung, wie vielfache Verwandlung und Wanderung zu manchen falschen Ansichten geführt haben und erst richtiger gewürdigt worden sind, seitdem man die Fortpflanzungsweise der Ammenbildung (Fig. 122) und die Vielgestaltigkeit der Larven kennen lernte, gehören die sogenannten Trematodes oder Saugwürmer. Die Verfolgung des Entwicklungsganges dieser Thiere hat überhaupt das aufklärende Licht über die Entstehung und Ausbreitung der Eingeweidewürmer geworfen. Man bezeichnete früher mit dem Namen Cercarien eine besondere Gattung, welche man in Thieren sowol wie in freien Gewässern fand, hat aber nunmehr erfahren, daß diese Cercarien nur Larven (Ammen) anderer Eingeweidewürmer sind, wie wir bereits (Fig. 122) die Metamorphose von dem Wurme Monostomum mutabile, welcher die Luftzellen

vieler Wasservögel bewohnt, näher dargestellt haben. Erst nachdem diese Larven und Ammen viele Verwandlungen in den Eingeweiden anderer Thiere oder in freiem Gewässer durchlebten, erhalten sie Geschlechtsorgane, sobald sie den für sie bestimmten parasitischen Wohnplatz gefunden haben. Die Schläuche, worin sie sich als Cercarien entwickeln, sind lebendige, mit eigenen Erhaltungs- und Bewegungsorganen begabte Gestalten, welche vorzugsweise in den Eingeweiden der Schnecken ihre Entwicklungszeit durchleben, worauf dann die reifen Cercarien den Ammenschlauch durchbrechen, sich mitten durch die Organe und Gewebe der Thiere einen Weg bahnen und in das freie Wasser gelangen, wo sie sich lebhaft bewegen. Von hier aus wandern sie wieder in Wasserinsekten ein, nachdem sie ihren Ruderschwanz verloren und sich, oft mit scharfen und spitzen Stirnwaffen ausgerüstet, in die Leibeshöhle der Thiere eingebohrt haben, wo sie durch Ausscheidung einer Feuchtigkeit sich eine Cyste bilden und liegen bleiben, oder auch durch Knospenproduction wieder neue Generationen mittelst neuer Ammenbildung veranlassen. —

Da diese Cercarien in ungeheuerer Zahl in den freien Gewässern verbreitet sind, wo sie oft unter dem Mikroskope als ganze Schwärme umherziehen, so ist es leicht begreiflich, wie sie durch Nahrungsmittel, namentlich Wasser, in die verschiedensten Thiere und auch Menschen eingeführt werden müssen.

Der Leberegel (Distoma) kommt namentlich bei Wiederkäuern, höchst selten bei Menschen vor und kann unter dem Rindvieh wirkliche Seuchen veranlassen, da auch seine

Fortpflanzung mit Cercarienbildung und zeitweiser Wanderung in die freien Gewässer begleitet ist und eine Heerde auf feuchter Weide und beim Saufen aus Gräben völlig angesteckt werden kann, indem die Cercarien in den Darmkanal gelangen und sich nach der Leber durchbohren, wo sie in den Gallengängen sich zu vollkommenen Leberegeln ausbilden. — Eine kleinere lanzettförmige Species ist auch bereits in den Gallengängen der Menschen gefunden.

Eine zahlreiche und weitverbreitete Gattung von Eingeweide-Parasiten sind die Bandwürmer (Cestoidea). — Ihr charakteristischer Bau besteht aus einer Reihe gleichförmiger Glieder, welche aus einem kopfähnlichen Vorderende knospenartig immer neu nachwachsen und den Körper dadurch verlängern. Sie sind Zwitter, indem jedes einzelne Glied mit männlichem und weiblichem Begattungsorgane versehen sind, welche sich gegenseitig befruchten. Fig. 121 stellt ein solches Glied von einer Art Bandwürmer, dem sogenannten Bothriocephalus oder Grubenkopf dar, wo die Geschlechtswerkzeuge in der Mitte der Glieder sich befinden, während bei einer anderen Art (Taenia solium), die namentlich in Deutschland verbreitet ist, dieselben an der Seite der Glieder abwechselnd liegen und in der Profilansicht hervorragen. Das kopfähnliche Endglied setzt sich fest in der Schleimhaut des menschlichen Darms und kann eine außerordentlich lange Lebensdauer haben. Von ihm sprossen immer neue Glieder als anfängliche zarte Ringe hervor, die sich im Fortrücken immer mehr als Glieder entwickeln und eine Reihe von funfzig Ellen Länge bilden können. Die älteren, hintersten Glieder sind die geschlechtlich reifsten, sie sind strotzend voll

von kleinen Eiern, lösen sich freiwillig ab, werden mit den Excrementen ausgeleert und gelangen in den Mist, auf die Felder und in die Gewässer. Auf diese Weise gehen zwar Millionen von Eiern zu Grunde, unzählige aber werden als mikroskopische Objekte wieder mit den Nahrungsmitteln verschluckt und bilden sich im Menschen aus. — Bei einigen Bandwürmern, z. B. dem des Hundes und dem des Menschen in Deutschland und im Orient, zeigen die abgelösten einzelnen Glieder noch eine Zeit lang selbstständige Bewegung und man sieht sie lebhaft umherkriechen. Schon im Darme, vor dem Austritte aus dem Menschen, enthalten die Eier der reifen Glieder häufig bereits junge Thierchen von ovaler oder runder Gestalt und großer Fähigkeit sich zusammenzuziehen. Ein solches junges Thier von einer Bandwurmart ist in bedeutender Vergrößerung in Fig. 153 gezeichnet, wo man in a den Hakenrüssel, in b die Saugnäpfe sieht, deren vier vorhanden sind.

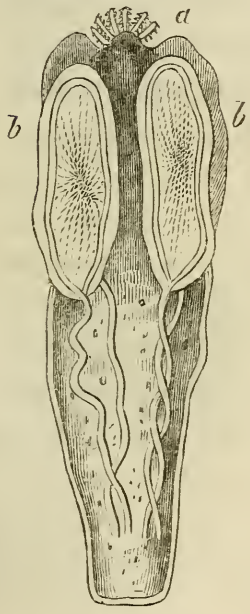


Fig. 153.

Diese jungen Thiere verlassen aber ihr von fester Hülle umgebenes Ei niemals innerhalb des Darms, weshalb man auch nie eine junge Brut im Darme antrifft, und es ist dieses eine für uns Menschen glückliche Einrichtung der Natur, da, wenn die Brut nicht zur Auswanderung angetrieben wäre, ein Mensch niemals gründlich von einem

Bandwurmleiden befreit werden könnte, indem es unmöglich wäre, alle Millionen von Eiern bis auf das letzte zu vertilgen, da diese kleinen Objekte sich in den Falten und Zotten der Darmschleimhaut verbergen und bald zu neuen Bandwürmern heranwachsen würden. Wo bei einigen Arten, welche Thiere bewohnen, die Jungen schon im Darme aus dem Eie schlüpfen, wandern sie sämmtlich aus, um erst in das Freie zu gelangen und hier ihre Entwicklungszeit bis zu einem gewissen Punkte zu erleben. —

Der Mensch wird von zwei Arten Bandwürmern bewohnt, und zwar kommt in Deutschland und Frankreich so wie im Orient nur der Kürbisbandwurm (Taenia solium) vor, während in der Schweiz, in Holland und Polen nur der Grubenkopf (Bothriocephalus) im Menschen angetroffen wird. — Taenia solium, mit langgestreckten, Kürbiskernen ähnlichen Gliedern, an deren Seiten abwechselnd die Geschlechtsorgane liegen, hat einen sehr kleinen, nur mit dem Mikroskope erkennbaren Kopf, mit einem Hakenkranze auf einem einziehbaren Rüssel zwischen vier Saugnäpfen. Fig. 154 stellt den Kopf in a von der Seite, in b von der vorderen Fläche aus gesehen dar. Die runden weißen Eier enthalten häufig schon den kleinen Embryo mit sechs Häkchen am Rüssel.

Fig. 154.

Aehnlich, nur mit viereckigen Gliedern, ist der Bandwurm der Hunde wie der der Hauskatze, während der Wurm der Schaafe, Pferde und Schnepfen keinen Hakenkranz besitzt. Für Feinschmecker wird die Bemerkung in-

teressant sein, daß der Hauptbestandtheil des als Leckerbissen vielfach genossenen Schnepfendrecks der fadenförmige Bandwurm dieser Thiere (Taenia filum) ist, dessen Glieder keilförmig sind und Ketten von 2—6 Zoll Länge bilden. Der Bothriocephalus, von dem es viele Arten giebt, unter denen der sogenannte breite die slavischen Nationen, Schweizer und Holländer bewohnt, hat einen sichtbareren Kopf und seine Glieder lösen sich niemals einzeln, wie bei Taenia, ab, sondern verlassen den Darm immer in längeren oder kürzeren Reihen. Der breite Grubenkopf hat keinen Hakenkranz und nur zwei Saugnäpfe, doch sind die Köpfe bei den verschiedenen in Thieren lebenden Würmern sehr mannichfaltig gestaltet, und um eine Anschauung davon zu geben, stellen

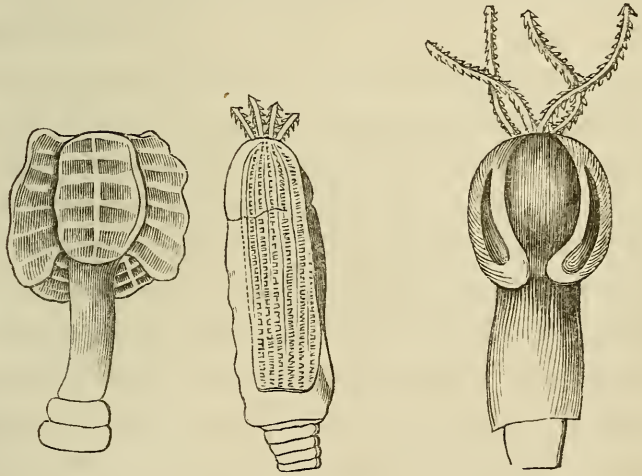


Fig. 155.

wir in Fig. 155 drei solcher Köpfe vergleichsweise in starker Vergrößerung neben einander. —

Wie sich nun die kleinen Embryonen in den Bandwür-

mern weiter ausbilden, war lange Zeit ein Geheimniß, doch hat endlich die Beobachtung einiger den Thieren zugehörender Bandwürmer eine Aufklärung darüber gegeben. — So findet man z. B. in der Lungenhöhle unserer gemeinen Wegschnecken kleine weiße, rundliche Bälge vor, die einen jungen Bandwurm enthalten mit vier Saugnäpfen, doppeltem Hakenkranze und undeutlichen Leibesgliedern. Sobald nun die Schnecken von anderen Thieren gefressen werden, durchbrechen die jungen Bandwürmer ihre Kapsel und entwickeln sich in dem anderen Thiere weiter. Man findet solche junge Würmer, die man früher für besondere Arten hielt, oft in den Eingeweiden der Seefische und sie verlieren bei fernerer Ausbildung ihren Hakenkranz, den sie auf ihrer Wanderung durch die Eingeweide der Fische gebrauchen mußten. Man darf daher annehmen, daß die jungen Thiere, als eingekapselte Embryonen und freie Würmchen von Thier zu Thier, namentlich durch Verschlingen übergehen und dem Zufalle die Ankunft auf günstigem Entwicklungsboden verdanken. — Etwas Aehnliches findet man bei dem Grubenkopfe, Schistocephalus dimorphus genannt, welcher, ohne irgend Geschlechtsorgane zu besitzen, in der Leibeshöhle vieler Stichlinge abgeschlossen lebt. Nachdem diese Stichlinge von Wasservögeln, namentlich Möven und Tauchern, gefressen worden sind, werden durch die Verdauung jene Bandwürmer frei, wachsen im Darmkanale der Möven und Taucher weiter, bekommen Glieder und Geschlechtsorgane und bleiben nun wahre Parasiten jener Vögel. Es ist daher mehr als wahrscheinlich, daß der Aufenthalt in den Stichlingen nur ein Durchgangslager ihrer Entwicklung war, daß die

reifen Eier von den Wasservögeln abgehen, in das Wasser gelangen, den Embryo austreten lassen und dieser nun mit seinen sechs hornartigen Häkchen sich in die Leibeshöhle der Stichlinge einbohrt, um nun den günstigen Zufall abzuwarten, daß die Fische, die sie sich zum einstweiligen Lager auserkoren haben, von Möven und Tauchern gefressen werden. — Es scheint als ein allgemeines Gesetz zu gelten, daß alle Eingeweidewürmer den Ort ihrer Geburt verlassen und zum Zwecke eigener Entwicklung Wanderungen durch mehrere Thiere und selbst Gattungen von Thieren zurücklegen müssen, wobei ihre endliche Ausbildung auf eigentlichem Boden vielfach dem Zufalle preisgegeben ist. Diesen zufälligen Störungen begegnet aber die Natur durch die Millionen von Eiern, welche reife Eingeweidewürmer auszustreuen fähig sind.

Die unter dem Namen der Blasenwürmer für eine besondere Art von Eingeweidewürmern gehaltenen Parasiten sind wahrscheinlich nichts Anderes als verkümmerte, verirrte und unentwickelt gebliebene Bandwürmer. Sie bestehen nur aus Köpfen mit Hakenrüsseln und Saugnäpfen, welche sich durch nichts von dem Kopfe des Bandwurms unterscheiden, wie man in Fig. 156 vergleichen kann, wo ein solcher Blasenwurm, der sogenannte Finnenwurm der Schweine, welcher im Muskelfleische und Specke der Schweine vorkommt, in seiner natürlichen Größe (a) und in seinem starkvergrößerten Kopfe (b) dargestellt ist.

Aehnliche Blasenwürmer finden sich auch in der Leber der Menschen, es gehören hierher auch die bekannten Quesen, welche im Gehirn der Schaafe sitzen und die Dreh-

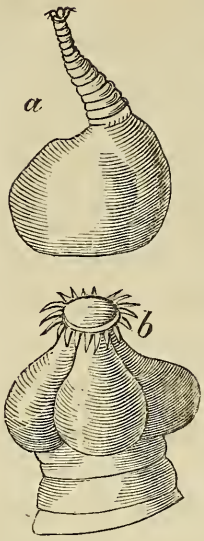


Fig. 156.

krankheit bewirken. Alle diese Blasenwürmer haben keine Spur von Geschlechtsorgan, der Leib hat sich, statt zu Gliedern, in eine wassersüchtige Blase krankhaft ausgebildet, sie sind nur junge Bandwürmer, welche auf ihrer Wanderung sich verirrt haben, den eigentlichen Entwicklungsboden ihrer normalen Reife verfehlten und nun zu Blasen sich verbilden. Daß übrigens ein solches verirrtes Thier, wenn es zufällig oder künstlich wieder auf seinen rechten Boden gebracht wird, sich noch zu einem wirklichen Bandwurm ausbilden kann, dafür hat man redende Beweise. So befinden sich in der Leber von Ratten und Mäusen gewisse Blasenwürmer, die alsbald ihre geschlechtliche Fortentwicklung beginnen, wenn sie in den Darm von Katzen dadurch gerathen, daß die Ratten und Mäuse gefressen wurden. Dann verschwindet am Wurme die Blase, es sprossen Glieder am Kopfe hervor und es wird ein vollständiger Bandwurm daraus. — Der Mensch wird leider oft von solchen verirrten Bandwurm-Embryonen, welche sich in den inneren Organen zu Blasenwürmern verbilden, heimgesucht; man fand sie im Gehirn, in Lungen, Leber, Bauchhöhle, Muskeln ꝛc. — Sie erregen oft in wichtigen Organen heftige Zufälle, chronische Krankheiten, sterben oft ab, verkalken und reizen als fremde Körper, da sie nicht, wie bei Schnecken und Stichlingen, Gelegenheit finden in einen anderen Darmkanal zu gelangen, es müßte sonst der Zufall sie unter die

Menschenfresser führen, wo sie sich im fremden Darmkanale bald zu völligen Bandwürmern ausbilden würden. Wie viele chronische Krankheiten, organische Leiden, Schwindelzufälle und lokale Störungen mögen wol durch verirrte Eingeweidethiere und wandernde Embryonen in Menschen und Thieren veranlaßt werden, bedenkt man nur, daß Millionen von unsichtbaren Eiern unsere Gewässer, Düngerfelder und Eingeweide unserer Nahrungsthiere füllen. So ist z. B. die merkwürdige Verbreitung des Bothriocephalus, welcher mit geographischer Abgrenzung sich in Polen, Rußland, Schweiz, Holland so häufig findet, daß fast jeder Mensch ein Exemplar in seinem Darme wohnen hat, recht gut durch die Landessitte zu erklären, wonach in den genannten Gegenden die Gärten und Felder nicht mit Mist gedüngt, sondern mit Abtrittjauche begossen werden; — Millionen von Bandwurmeiern müssen hier auf die Felder gelangen und mit allen roh gegessenen Feld- und Gartenfrüchten, Gewürzkräutern und Salatpflanzen wieder in den menschlichen Darm gelangen. —

Wollten wir die Unzahl von Infusorien aufzählen, welche in lebenden Menschen und Thieren vorkommen, so würde sie eine umfangreiche Schilderung verlangen. Nicht nur führen wir mit Luft, Wasser und Nahrungsmitteln täglich Hunderte von Infusionsthiereiern in unseren Körper, sondern manche in unserem Organismus stattfindende Gährungsprozesse, namentlich der Schleimhäute, bieten oft neben Entstehung des Gährungspilzes eine günstige Bedingung für Infusorien-Ausbildung dar. Im Darmkanale leben fortwährend Infusionsthiere, namentlich die Opalinen

(Fig. 63) und die lanzettförmigen, gehalseten Trochelinen, und besonders bewohnen die Infusorien in zahlloser Menge den Darmkanal der im Wasser lebenden Thiere, welche mit jedem Nahrungsstoffe neue Mengen von Infusorien verschlucken.

Somit hätten wir denn eine kurze Wanderung durch das mikroskopische Gebiet des Parasitenlebens gemacht, das mit der kleinen contagiösen Zelle anhebend, bis zu den seltsamen Formen der Bandwürmer und den merkwürdigen Gestaltwandlungen und Entwicklungswanderungen der Generationen sich steigert. —

Ueberblicken wir noch einmal die kleinen Räume der Natur, welche wir in den bisherigen Mittheilungen in der Mannichfaltigkeit der Gestalten und der durchgreifenden Einheit der Gesetze vor die anschauenden Sinne führten, so müssen wir anerkennen und bewundern, mit welcher Planmäßigkeit die Natur auch in den zartesten, kaum sichtbaren Schöpfungen einfache Gesetze für die größte Mannichfaltigkeit der Lebensformen und Aeußerungen praktisch zu machen wußte. Vom einfachen Winkel und der Axenlinie der Krystalle an bis zu der vielgestaltigen Fortbildung und Metamorphose der Hohlkugel sahen wir überall die mathematische Bestimmtheit und Steigerung durch das ganze Reich des kleinsten Raumes herrschen, dessen Gestalten und Bewegungen dem zwar bewaffneten, aber unerfahrenen Auge eine Mährchenwelt von Tausend und Eine Nacht, ein launiges Spiel wunderlicher Phantasmagorien zu sein scheint. Haben wir jedoch an der Erfahrungshand der Naturwissenschaft die wunderbaren und veränderlichen Karnevalsgestalten des

kleinsten Raumes an uns vorüberziehen lassen und die ordnende Gesetzmäßigkeit erkannt, welche ihre Verwandlungen und Bewegungen leitet, dann weckt der bewaffnete Blick in jene sonst unsichtbaren Gebiete in uns die erstaunende Anerkennung einer Naturweisheit, die uns vergessen läßt, daß wir künstlich vergrößerte Gestalten und Lebenserscheinungen vor uns haben und daß die Grenzen, welche diese kleine Welt des Mikrokosmus umgeben, einmal zu eng sind, um von einem natürlichen oder unkundigen Auge aufgefunden zu werden, dann aber auch wieder in bewunderungswürdiger Ausdehnung so durch das ganze Naturleben und den gesammten Weltraum verflochten sind, daß man überall auf die Gestalten des Mikrokosmus trifft und zu der Anschauung gelangt, daß die Welt im sichtbar Großen nur der summarische Ausdruck der tausend und abermal tausend Formen, Bewegungen und Urphänomene ist, welche in den Grenzen der kleinsten Raumverhältnisse durch das Mikroskop erkennbar sind.

Nachdem wir bisher die Gesetze in diesem scheinbaren Chaos bunt durcheinander tummelnder Gestalten, Kraftäußerungen und Metamorphosen aus einer Reihe von erklärenden Beispielen kennen gelernt haben, wird uns ein unterhaltender Spaziergang durch die Thier- und Pflanzengefilde des Mikrokosmus nicht nur neue Belehrung, sondern auch vielfaches Vergnügen gewähren. Wir brauchen dabei nicht weit zu wandern, ein Wassertropfen reicht hin, um ein Weltmeer zu überschauen, das von unzähligen Thieren durchschifft, von einer mannichfaltigen, oft prächtig gestal-

teten und gefärbten Flora bewohnt wird. Und was der Compas dem Schiffer auf dem Ocean, das ist uns das Mikroskop auf dem Meere des Wassertropfens, wir finden damit den Weg und orientiren uns schnell, wenn uns unbekannte Formen von thierischen und pflanzlichen Wesen umgeben. Solche unterhaltende Spazierfahrt durch das Meer eines Wassertropfens und durch die wunderbaren Waldungen mikroskopischer Vegetation, die dem unbewaffneten Auge nur wie ein Staubwölkchen oder ein Gewirre zartester Fäserchen auf einem schimmeligen Stückchen organischer Masse oder auf einem Steinchen erscheinen, möge im folgenden Briefe unser Interesse an der Natur beschäftigen und unsere Sinne belustigen. —

Sechster Brief.

Die Welt der Infusorien und mikroskopischen Pflanzen ist eine so reich belebte und vielgestaltige, daß sie in der Naturwissenschaft eine besondere Abtheilung und für viele Forscher ein kaum übersehbares Reich der Entdeckungen geworden ist, in welchem das die kleinsten Räume durchdringende Mikroskop erst in neuerer Zeit die Orientirung und übersichtliche Klassification der mannichfaltigsten Formen und Bewegungen des organischen Lebens zu vermitteln vermocht hat. Diese Welt der kleinsten Lebensformen ist, ihrer phantastischen Gestalten, überraschenden Zustände und zartesten Organisationen wegen, gar bald ein Gegenstand der Unterhaltung und Bewunderung für den Laien in der Naturwissenschaft geworden und hat seinen ersten Blick durch das Mikroskop geblendet oder zu der Vermuthung geführt, daß das Instrument, gleich einer Zauberlaterne, eine angenehme Täuschung vor die Sinne führe. Das Interesse dafür stieg aber um so höher, nachdem die Forscher in dieser Welt kleinster Lebensformen eine überraschende Organisation der zartesten Gewebe und eine Weisheit in der gesetzlichen An-

ordnung der Organe und Functionen erkannt hatten, welche früher in so kleinen Räumen nicht geahnt worden war, ja, man erstaunte mit Recht über die Entdeckung, daß diese winzigen Geschöpfe einst bei den großen Umwälzungen unseres Weltkörpers durch ihre billionen- und abermals billionenfache Menge zu der gegenwärtigen Gestalt unserer Erdoberfläche beigetragen haben, indem man fand, daß ganze mächtige Stein- und Sandlager vorzugsweise aus den Leibern und Resten vorweltlicher Infusorien gebildet sind, indem sie bei den großen Erdfluthen, nach dem Ablaufen und Verdunsten der Gewässer, auf festem Boden zurückblieben, abstarben und ganze Lager von Gestein oder Sandgeschieben bildeten, die nicht der anorganischen Natur angehören, sondern Resultate organischen Lebens mikroskopischer Thierchen sind. Man nennt solche Gebilde der Erdoberfläche Infusorienlager, die gänzlich aus jenen unsichtbaren Thierchen bestehen, deren durchsichtiger, aus Kieselerde gebildeter panzerartiger Leib jene Massen formiren, welche man Kieselguhre, Trippel, Polierschiefer genannt hat. Ja! man entdeckte weiter, daß solche Thiere, ähnlich wie die sichtbaren Korallen im Meere ganze Korallenriffe bauen, auch einst die unsichtbaren Infusorien durch lebendige Vermehrung sich allmälig zu ganzen Lagern angehäuft haben, die durch den kieselsauren Panzerkörper derselben die Eigenschaft zerreiblicher Kieselgesteine erhielten, wie z. B. der Polierschiefer aus Milliarden eines Infusoriums (Gallionella) gebildet wurde, indem 1 Kubikzoll aus ungefähr 41,000,000,000 solcher Thiere, also 1 Kubikfuß aus etwa 70 Billionen besteht. — Da diese Thiere sich durch Selbsttheilung fort-

pflanzen, diese in einer Stunde einmal geschehen kann und jedes neue Thier in mathematischer Progression in nächster Stunde sich wiederum theilt, also in drei Stunden aus einem Thiere 4, in fünf Stunden 8, in sieben Stunden 16 — mithin in 24 Stunden aus einem Thiere 2096 Nachfolger hervorgehen können, so werden in 48 Stunden deren 8 Millionen und in vier Tagen 140 Billionen entstanden sein, woraus sich erklärt, wie ein so unsichtbares Geschöpf ganze Gesteine der Erdoberfläche zu bilden im Stande war. —

Bringt man ein Tröpfchen Wasser aus einem Graben oder Regenfasse unter ein gutes Mikroskop, dann erblickt man ein reges Leben in dem Tröpfchen. Kleinere Wesen tummeln sich munter und spielend im Kreise umher, größere schiffförmige, flaschenförmige oder mit flimmernden Rädern versehene Thiere rudern mit majestätischer Würde stolz durch das Gesichtsfeld, sich um das spielende Treiben der Kleinen gar nicht bekümmernd; oder ein daher schießendes, mit Wimpern ruderndes Geschöpf macht plötzlich Halt, schlägt Wellen im Tropfen und verschlingt als Raubthier eine Menge kleiner Infusorien, welche man bis in die Magenhöhle verfolgen kann und hier noch sich bewegen sieht. Die größten dieser Thiere, welche ein gutes Mikroskop bis zur Größe von mehreren Zollen Länge zu vergrößern vermag, übersteigen aber in natürlicher Größe nie das Maaß von 1 Linie, während die kleinsten oft kaum den zweitausendsten Theil einer Linie betragen. Man nannte diese Thiere Infusorien oder Aufgußthierchen, weil man früher, ehe man ihre complicirte Organisation und Fortpflanzungsweise

kannte, des Glaubens war, daß sie durch Urzeugung in dem Wasser entständen, welches man über pflanzliche und thierische Stoffe gegossen und eine Zeit lang unter dem Einflusse der Luft und des Lichtes stehen gelassen hatte.

Nicht nur die Gräben und stehenden Wässer, auch das Meer wimmelt von unaussprechbaren Zahlen dieser Thierchen in den seltsamsten und mannichfaltigsten Gestalten; man findet sie auch in und an lebenden Pflanzen, Thieren und Menschen, überall werden ihre Eier und zur Selbsttheilung fähigen Körperchen hingeweht und hingespült, ihre große Lebenszähigkeit sichert sie vor dem Untergange, denn Eier sowol wie ausgebildete Thierchen können lange eingetrocknet hohen Kälte- und Wärmegraden ausgesetzt sein, dennoch aber wieder fortleben und sich weiter entwickeln, sobald sie angefeuchtet werden oder in eine dem Leben günstige Temperatur gerathen. Bei der Kleinheit der Eier haben sie das Gleichgewicht mit der Luft, fliegen weit umher, gelangen überall mit Wasser und Atmosphäre hin und hängen sich unsichtbar an Dinge, die man geschützt zu haben wähnte und nun plötzlich von Infusorien wimmeln. — Zersetzung und Verwesung pflanzlicher und thierischer Stoffe begünstigen ihre Entwicklung und da, wo sie zahlreich vorhanden sind, regen sie die Stoffe durch ihren eigenen Lebensprozeß leicht zur chemischen Zersetzung an, weßhalb man sie immer in Menge da antrifft, wo Zersetzung Statt findet.

Die erste Entdeckung der kleinen unsichtbaren Thiere gab in früheren Zeiten Veranlassung zu manchen fabelhaften Deutungen; so glaubte man in ihnen die belebten Atome der Epidemien zu erkennen und schlug vor, die Luft mit

Kanonenschüssen zu erschüttern und die Thiere damit zu verjagen; selbst berühmte Naturforscher waren geneigt, in diesen kleinen Wesen die lebendigen Atome zu sehen, aus denen alle größeren sichtbaren Geschöpfe hervorgingen. Noch Linné kannte die Infusorien so wenig, daß er sie 1746 für ölige, nur passiv bewegte, leblose Körperchen hielt; freilich konnte erst das der neueren Zeit angehörende Mikroskop völligen Aufschluß über die lebendige und organisirte Natur dieser Thierchen geben und zwar hat Ehrenberg das Verdienst, die vollkommene Organisation derselben zuerst über allen ferneren Zweifel erhoben und sichtbar nachgewiesen zu haben. Schon den alten Völkern waren sie nicht unbekannt geblieben, doch kannten sie ihre Existenz nur aus allgemeinen Erscheinungen. Schon im alten und neuen Testamente vermuthete man die Ursache der blutrothen Färbung des Wassers in der Anwesenheit kleiner unsichtbarer Thierchen; und 330 Jahre vor Christus leitete schon Aristoteles diese Erscheinung von kleinen Würmchen her. Der holländische Naturforscher Leuwenhoek beobachtete zuerst im Jahre 1675 mit den damaligen unvollkommenen Instrumenten die Infusorien im Regenwasser, nannte sie Animalcula und hielt sie für die lebendigen Atome der Welt.

Jetzt kennt man diese Thierchen so genau, wie die sichtbaren großen Geschöpfe, welche uns umgeben. Man hat sie bereits systematisch unterschieden und in zwei große Klassen gebracht, nämlich Magenthiere und Rädertheire. — Die Ersteren sind Geschöpfe ohne pulsirende Safteirculation und Nervenmark, von deren Mundöffnung ein Speisekanal abgeht, welcher sich in mehreren Magenbla-

sen öffnet, weshalb sie auch Vielmagen (Polygastrica) genannt sind. In nachstehender Figur ist das Schema dieser Magen und Nahrungsröhren in mehreren vorkommenden charakteristischen Formen neben einander gestellt.

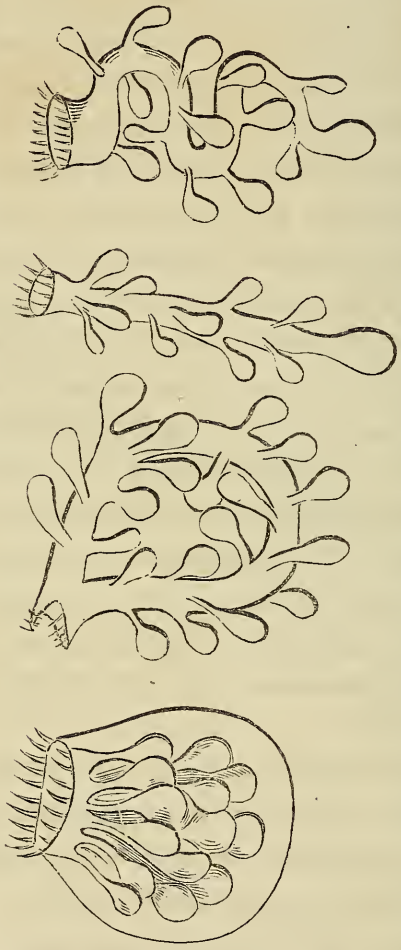


Fig. 157.

Es ist oft in einem Thierchen dieser Art eine Zahl von funfzig Magenblasen vorhanden. Um sie unter dem Mikroskope deutlich zu machen, füttert man die Infusorien mit Carmin oder Indigo, den man in das Wasser wirft; sie fressen diese Farbestoffe begierig und ihre Magenblasen erhalten bald von ihrem Inhalte eine rothe oder blaue Färbung. Die Magenthiere können diese Blasen willkürlich füllen und entleeren. Die höher organisirten Räderthiere zeichnen sich durch eine andere Einrichtung ihres Speisekanals aus; sie haben hinter der Mundöffnung einen Schlundkopf mit Zähnen bewaffnet, der in einen einfachen Darmschlauch übergeht, mit magenförmiger

Erweiterung. In Fig. 158 sind solche Schlundköpfe und Verdauungsschläuche in mehreren vorkommenden Formen dargestellt. Den Zähnen nach zeigen sie sich unterschieden in solche, welche 1 bis 5 Paar Zähne im Schlundkopfe besitzen. —

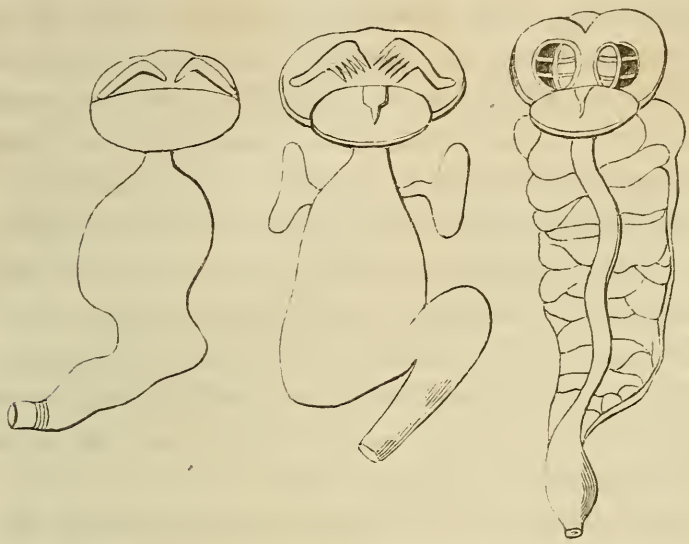


Fig. 158.

Die Räderthiere sind wahre Raubthiere im Wassertropfen; gewöhnlich scheinen durch ihren glashellen Leib die verschluckten Infusorien, sie bewegen sich sehr schnell und während die Magenthiere nur Wimperfäden besitzen, welche als Ruder nützen, haben die Räderthiere besondere Bewegungswerkzeuge, Räderorgane, welche ihnen auch den Namen geben und aus besonderen Stellen bestehen, wo die Wimperfädchen büschel- scheiben- oder radförmig gestellt sind und in ihrer rotirenden Bewegung nicht nur eine heftige Wasserströmung verursachen, sondern unter dem Mi-

kroskope wie hübsche, zarte Räderchen aussehen, welche sich scheinbar um eine Axe drehen. Sie können eingezogen und mit einer stolzen Pracht ausgestreckt und zum flimmernden Spiele entfaltet werden. Wir werden auf unserer Wanderung durch die Welt des Wassertropfens Gelegenheit finden, einigen solcher Räderthierchen zu begegnen. Man hat in ihnen auch Nerven und Gefäße entdeckt und sie sowol wie die Magenthiere pflanzen sich durch Eier fort, ausgenommen jene, die der Selbsttheilung unterworfen sind. Alle Räderthiere sind nämlich sich selbst befruchtende Zwitter, deren Geschlechtsorgane man ziemlich genau kennen gelernt hat. Man hat bereits an 170 verschiedene Arten von Räderthieren zu unterscheiden vermocht und die meisten davon sind so genau anatomisch durchforscht, daß man ihre Eingeweide, ihre einzelnen Muskeln und Gefäße ebenso mit bestimmten Namen zu bezeichnen im Stande war, wie es bei den großen Thieren geschehen konnte.

Die reichste Zahl der Infusorien ist immer um die Zeit des Sommers anzutreffen und dann erscheinen sie oft plötzlich in ungeheuerer Menge, so daß sie oft in einer Nacht ganze Gewässer grün oder roth färben können, was frühere Jahrhunderte durch Aberglauben wunderbar zu deuten suchten. — Was die geographische Verbreitung dieser Thierchen anbetrifft, so sind viele über alle Gegenden der Erde ausgestreut, während andere wieder ihre Grenze an den Zonen, Breitegraden und dem Klima finden. Manche Arten kennt man nur aus ihren todten Ueberresten in den Kieselagern, welche sie bilden, indem sie vorweltlichen Zeiten angehören und bei großen Fluthen völlig ausgestorben sind, während

andere Arten sowol im fossilen Zustande als auch noch lebendig angetroffen werden. Auch auf die bedeutendsten Höhen hinauf reicht das Leben der Infusorien, man findet viele Arten, welche nur auf den höchsten Alpen- und Gletscherspitzen vorkommen, wo sie im Schnee leben, und der sogenannte *rothe* Alpenschnee ist nur die äußere Erscheinung unzähliger mikroskopischer Thierchen aus der Klasse der Infusorien, welche durch ihren röthlichen Leib den Schnee färben.

Blicken wir jetzt, mit diesen allgemeinen Vorkenntnissen, durch das Mikroskop in die Welt verschiedener Wassertropfen aus dieser oder jener Gegend, aus den stehenden Gewässern oder aus dem Meere, so erschließt sich uns ein bewegtes Bild seltsamer Lebensformen von zarter, aber überraschend vollkommener und mannichfaltiger Organisation. Gleich den wunderlichen Gestalten einer Märchenwelt, sehen wir hier Wesen in ernster und drohender Haltung vorüberschwimmen, es streckt ein Geschöpf seine Zanggenglieder aus, um einen Anhaltepunkt zu erreichen, dort schwebt eine weit geöffnete, mit Wimpern an ihrem Mundrande flimmernde Glocke durch das Wasser und die munter tummelnden, kleineren Geschöpfe entfliehen oder werden von der Strömung in den Glockenrachen fortgerissen — hier bewegt sich eine unförmliche Masse vorüber, die ihre Umrisse, gleich einer fließenden Gallertmasse, allaugenblicklich verändert und, ohne irgend ein Bewegungsglied, nur dadurch von der Stelle kommt, daß sie scheinbar nach einer Seite ausfließt, während die andere Seite sich nachrollt — dort schießt plötzlich ein komisch gebildetes Wesen mitten in den

Wasserraum, macht possirliche Bewegungen, als wolle es die lustig umherschwärmenden Mitbewohner des Tropfens durch seine Pierrot-Grimassen unterhalten — es springt, streckt mit lustigen Geberden seine Fühler aus und plötzlich, als wolle es auch durch sein rasches Entfliehen belustigen, schießt dieser Komiker des Wassertropfens davon, ebenso schnell und unerwartet, wie er gekommen war, und die kleinen Punktthierchen wirbeln im ausgelassenen Spiele auf dem Flecke durcheinander, den der Komiker so eben eingenommen hatte.

Es gewährt einen ungemeinen Reiz, eine Welt von Geschöpfen in überraschender Größe vor sich zu erblicken, wo das unbewaffnete Auge nichts sah als ein ruhiges, todtes Tröpfchen Wasser. Um aber meinen Lesern diesen Blick wenigstens im Bilde vorzuführen und sie von der Formmannichfaltigkeit und zart angelegten Organisation dieser Geschöpfe zu überzeugen, wollen wir eine Reihe der interessantesten Infusionsthierchen in ansehnlicher mikroskopischer

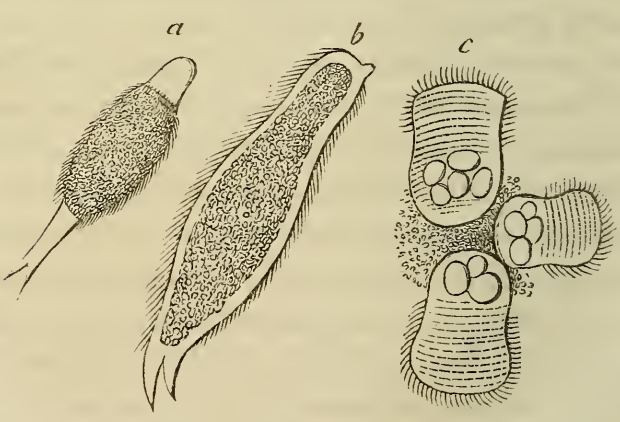


Fig. 159.

Vergrößerung bildlich und getreu nach der Natur gezeichnet vor dem Blicke vorüberziehen lassen. —

Lernen wir zunächst die Räderthiere, Rotatorien, kennen. Da begegnet uns zunächst ein häufig im Schlamme der Gräben und Teiche lebendes Thier, das Wimperfischchen (Ichthydium), oben gewölbt, unten abgeplattet und nur $^1/_{12}$ Linie groß (Fig. 159 a).

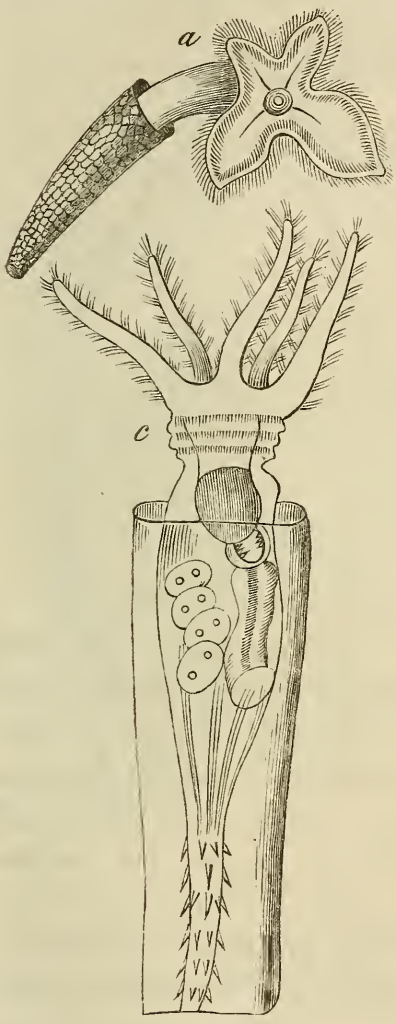


Fig. 160.

Da ist das Bürstenthierchen, Chaetonotus larus (Fig. 159 b) in stumpfdreieckiger, gestreckter Gestalt, mit langen Rückenborsten, ebenfalls im Schlamme lebend und nur $^1/_{30}$ Linie groß; — da sehen wir das Sonnenschirmthierchen (Megalotrocha socialis) (Fig. 159 c), deren mehrere sich strahlenförmig um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt vereinigen und sich mit einem gallertartigen Schleime umgeben, jedes

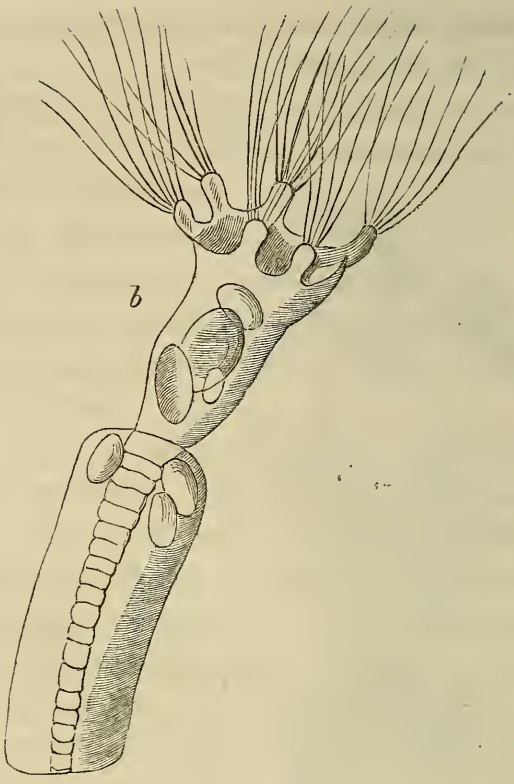


Fig. 160.

Thierchen 1/3 Linie lang. Jenes rothbraune, von einem kegelförmigen Futterale umgebene Wesen ist das Röhrenrädchen, Melicerta ringens (Fig. 160 a), ebenfalls 1/3 Linie lang, während jenes glashelle gepanzerte Blumenrädchen, Floscularia ornata (Fig. 160 b) mit den langen Körperlappen nur die Länge zwischen 1/70—1/9 Linie erreicht, und das Kronenrädchen, Stephanoceros Eichhornii (Fig. 160 c) armartige Lappen mit Räderorganen zeigt und schon 1/3 Linie groß ist.

Schöner noch stellen sich die Thierchen dar, welche die Natur mit vielen Wimperbüscheln oder Rädchen schmückte. Ein Repräsentant derselben ist das 1/6 Linie große Krystallthierchen, Hydatina senta (Fig. 161), dessen inneren Bau man deutlich erkennen kann und dessen Darm von verschluckten kleineren Infusorien gefüllt ist. — Ein seltsam gebautes borstiges Geschöpf ist das Flossenthierchen, Polyarthra trigla (Fig. 162 a) von gelblicher Farbe mit sehr langen Borsten, während das sogenannte Nackenauge, Notommata centrura (Fig. 162 b) sich durch ein Auge im Nacken auszeichnet, einen Gabelschwanz und die Wimpern auf dem Stirnrande sitzen hat. —

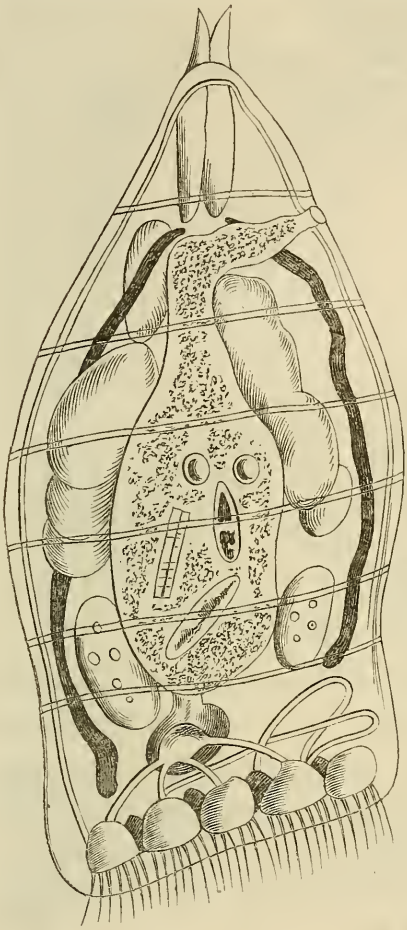


Fig. 161.

Der Fadenschwanz, Monocerca rattus, 1/10 Linie lang (Fig. 163 a), ist fast walzenförmig und lebt im Frühjahre zahlreich zwischen kleinen Wasserpflänzchen, wäh-

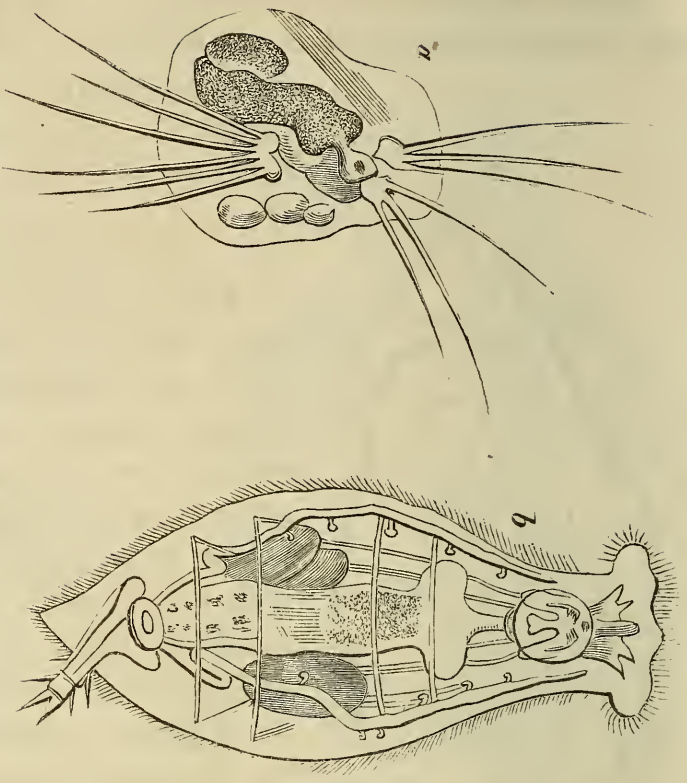


Fig. 162.

rend das Schuppenthierchen, Lepadella ovalis (Fig. 163 b), von 1/30 Linie, eine eiförmige, an beiden Enden abgestutzte Schaale zeigt, und das Mantelthierchen, Euchlanis macroura (Fig. 163 c) einäugig, gabelschwänzig und farblos ist.

Die Familie der sogenannten Doppelräderthiere, mit zwei Stirnaugen, vor den Räderorganen am Halse und einem Gabelschwanze, repräsentirt der Rotifer vulgaris (Fig. 164 a), von röthlicher Farbe und das ganze Jahr

hindurch, auch im Winter, in unserm stehenden Regenwasser gegenwärtig. Er bewegt seine Wimpern so radförmig,

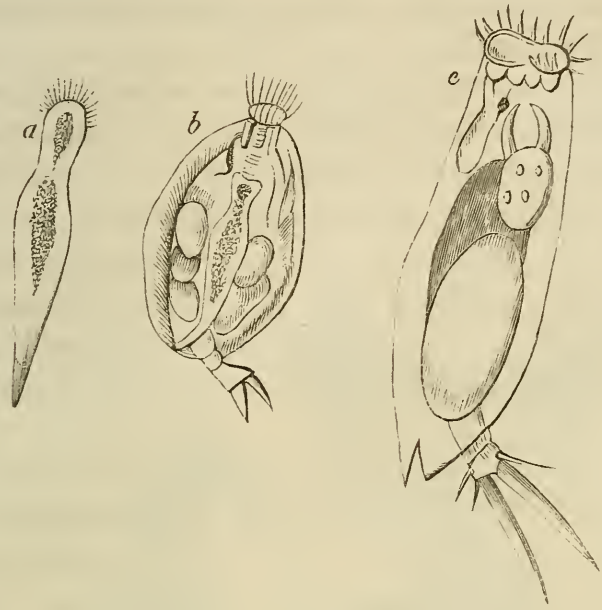


Fig. 163.

daß man früher glaubte, sie wären wirkliche Räder, die sich um eine Axe drehen. Seine Lebenszähigkeit ist groß, denn

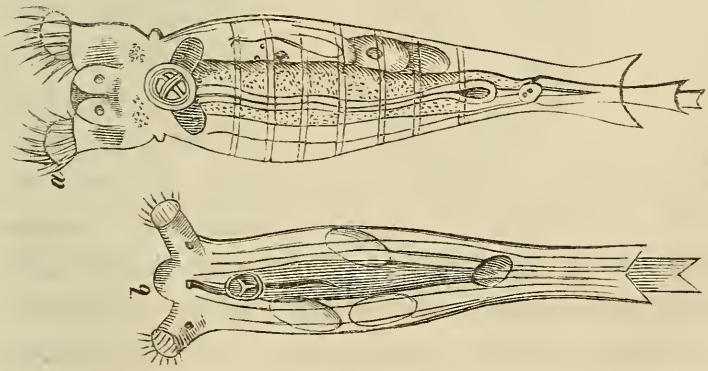


Fig. 164.

ein Jahre lang eingetrocknetes Thier kann wieder aufleben, wenn es in Wasser gebracht wird. Bei Philodina erythropthalma (Fig. 164 b) liegen die Augen hinter den Räderorganen.

Unter den Wappenthierchen versteht man Infusorien mit becherförmigem Panzer, welcher an der weiten Mundöffnung gezackt ist. Ein solches ist Brachionus urceolaris (Fig. 165), das vorn sechs Zacken hat.

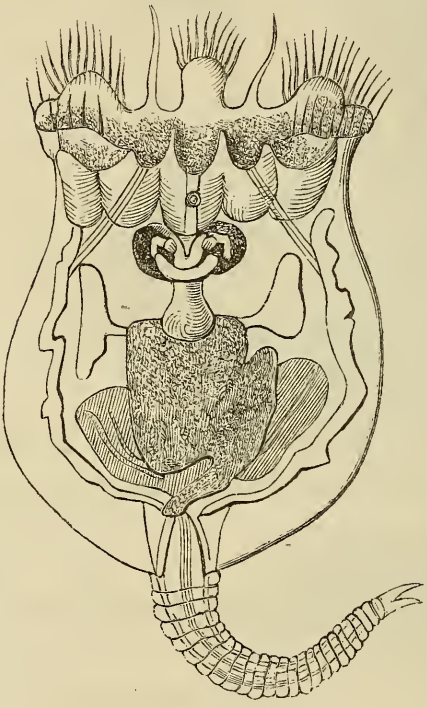


Fig. 165.

Die zweite, den eigentlichen Räderthieren folgende Ordnung der Infusorien sind die Magenthiere, entweder nackte oder gepanzerte Geschöpfe, deren innere Höhle viele Magenblasen besitzt. (Vergleiche Fig. 157.) Auch sie haben Wimpern, womit sie sich frei im Wasser bewegen können, oder sie sind durch einen Stiel in einen gemeinschaftlichen Stamm verwachsen und wurden deshalb früher Pflanzenthiere genannt. Die unterste Form dieser Magenthierchen wird in dem sogenannten Punktthierchen, Monas termo (Fig. 166 a) dargestellt.

Sie sind so klein, daß sie nur $^1/_{2000}$—$^1/_{500}$ Linie betragen und in ihnen haben wir die kleinsten bis jetzt bekannten Geschöpfe des Thierreiches vor uns, von denen 500 Millionen in einem einzigen Wassertropfen leben können. Da ein Kubikzoll Wasser deren an 800,000 Millionen enthalten kann, so lebt hier eine Zahl Wesen, die über 800 Mal die Zahl aller auf der Erde existirenden Menschen übertrifft. Die Kleinheit dieser Infusorien macht sie auch fähig, eingetrocknet als Staub überall in der Luft umherzufliegen und wieder aufzuleben, wenn sie wohin geweht werden, wo sie mit Feuchtigkeit in Berührung kommen. Eine andere Art derselben Familie ist Monas guttula (Fig. 166 b).

Fig. 166.

Unter den gepanzerten Monoden ist die Flaschenmonode, Lagenella euchlora (Fig. 166 c) in unseren Teichen zu finden, deren grünliche Färbung sie mit verursachen hilft. Eine leuchtende Meerinfusorie, welche man auch in fossilem Zustande findet, ist die hierhergehörende

Prorocentrum micans (Fig. 166 d) von $^1/_{36}$ Linie Größe.

Eine besondere Familie bilden die Kugelthiere, zellenförmige Geschöpfe, welche in einer gemeinschaftlichen, durchsichtigen Blasenhülle (Panzer) zusammenliegen, sich durch Selbsttheilung vermehren, die Panzerhülle zum Platzen bringen und nun als grüne, Pflanzenzellen ähnliche Thiere frei im Wasser leben, um sich auf's Neue wieder zu einer gemeinschaftlichen Kugel zusammenzusetzen und einen Panzer zu bilden, den sie dann gleichfalls durch Selbsttheilungs-Vermehrung bis zum Zerplatzen ausdehnen. Ein solches Thierchen ist z. B. das sogenannte Kugelquadrat, Gonium pectorale (Fig. 167 a) mit 16 grünen im Quadrat gelagerten Kugelindividuen. Eine andere hierhergehörende Art ist Chlamydomonas pulvisculus (Fig. 167 b), eiförmig grün, mit einem rothen Augenpunkte, $^1/_{150}$ Linie groß und in einer flaschenartigen Hülle. Dieses Thierchen bildet in seiner Menge die grünliche Oberhaut auf

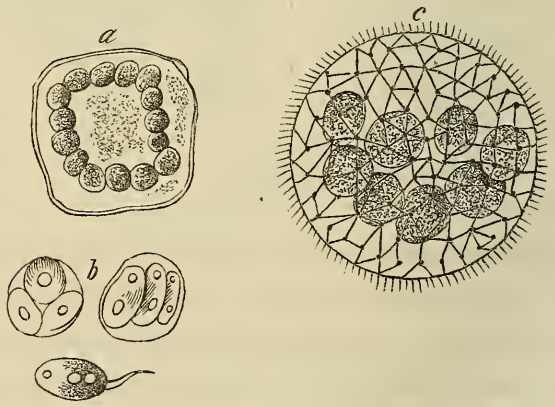


Fig. 167.

stehenden Gewässern. Das Kugelthierchen, Volvox globator, welches sich oft in Regentonnen vorfindet und den grünen Beschlag mit bilden hilft, vereinigt sich mit vielen Hundert Andern zu einem traubenförmigen Haufen in glashheller Panzerhülle (Fig. 167 c). Unter den sogenannten Zitterthierchen versteht man in der infusoriellen Welt solche panzerlose längliche Wesen, welche sich nur durch Krümmung des Leibes bewegen, entweder faden- oder schnurförmig sind und sich durch Quertheilung vervielfältigen. Ein Beispiel dieser Art ist Spirillum undula, von 1/150 Linie Länge, wasserheller Farbe und schraubenartig anderthalb Windungen bildend (Fig. 168 a).

Verwandt sind die Spindelthierchen, unbiegsame, gerade oder gebogene spindelförmige Körper mit einem durchsichtigen Panzer umhüllt, der an beiden Enden offen ist. Aus dieser Familie erblicken wir hier Closterium lunula (Fig. 168 b) in halbmondförmiger Gestalt, 1/4 Linie lang und mit grünen Körnern gefüllt; in allen Bächen und Gräben sehr häufig und früher für eine Pflanze gehalten. In Fig. 168 c sehen wir eine andere Species, Closterium Leibleini. —

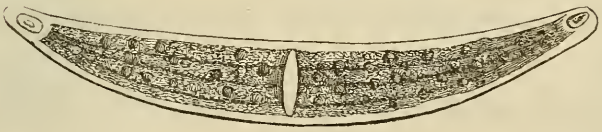


Fig. 168.

Jenes spindelförmige Thierchen von grüner Farbe,

rothem Auge, farblosem Kopfe und Schwanze, welches mit dazu beiträgt, die stehenden Gewässer im Frühlinge grün zu färben; ist die nur $^1/_{24}$ Linie große Euglena viridis (Fig. 169 a).

Fig. 169.

Eine Euglena sanguinea (Fig. 169 b) von gleicher Form, aber nur $^1/_{220}$ Linie lang und von rother Farbe, färbt durch ihre Gegenwart oft das Wasser der Teiche blutroth und gab früher dem Aberglauben Gelegenheit zu Wundererklärungen. Die Euglena longicauda (Fig. 169 c), die Euglena acus (Fig. 169 d) und die Euglena spirogyra (Fig. 169 e) zählen gleichfalls hierher.

Ein seltsam sich fortbewegendes Geschöpf ist die Amoeba diffluens, das Wechselthier, so genannt, weil es alle Augenblicke seine Form verändert. Es gleicht einem hellen Schleimklumpen, welcher bald nach dieser, bald jener

Seite zu zerfließen scheint, aber sich immer wieder zusammenzieht und dadurch sich vom Platze fortschiebt. Wir finden dieses $^1/_{24}$ Linie große Geschöpfchen sowol im Meere wie in stehenden Gewässern und Fig. 170 stellt dasselbe in mehreren Gestalten dar, die es im Fortbewegen anzunehmen pflegt.

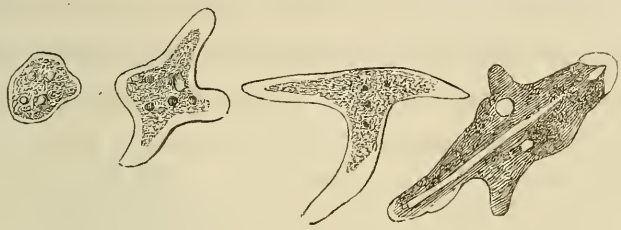


Fig. 170.

Der verwandten Familie der Kapselthiere angehörend, nur an einer Seite gepanzert, aber willkürlichen Wechsels der Leibesform fähig, ist die Arcella vulgaris (Fig. 171), welche nur die Größe von $^1/_{16}$ Linie erreicht, braungelb gefärbt ist und sich in der Zeichnung in drei Lagen darstellt.

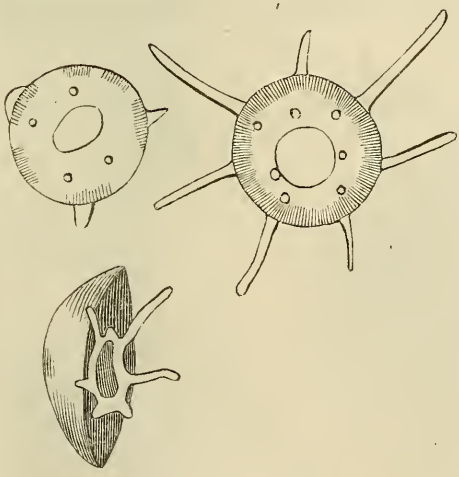


Fig. 171.

Eine zahlreiche Arten einschließende Familie bilden die Stabthierchen, im Allgemeinen Bacillarien ge-

nannt. Sie sind sämmtlich in einen undurchsichtigen Panzer gehüllt, der aus 1—4 Schaalen besteht, welche Kieselsäure enthalten und aus deren Fugen oder Oeffnungen sich die weichen Theile in wechselnder Gestalt hervorzuschieben pflegen. — Sie vermehren sich durch Längetheilung und man findet sie in ungeheuerer Menge nicht nur in allen stehenden Wassern, sondern auch im fossilen Zustande, wo ihre Panzer große Lager von Kieselerde, Polirschiefer, Opal ꝛc. bilden. Meistens stellen sie zierliche, hübsche, symmetrische Formen dar, oft mathematischen Zeichnungen ähnlich. Da erblicken wir das kleine, prismatische, grüne Desmidium Schwarzii (Fig. 172 a), das Staurastrum inaequale (Fig. 172 b) und cruciatum (Fig. 172 c), das Xanthidium furcatum (Fig. 172 d) und caput Medusae (Fig. 172 e), beide auch fossil im Delitzer Kiesel vorkommend; da sehen wir Micrasterias

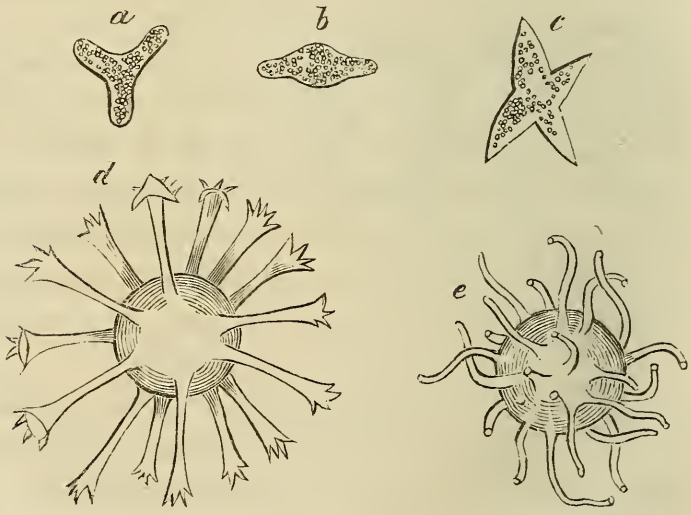


Fig. 172.

Boryana, wo viele $^1/_{18}$ Linie große Thierchen sich sternförmig um einen gemeinschaftlichen Centralpanzer gruppiren (Fig. 172 f), während Euastrum rota (Fig. 172 g) und E. laceratum (Fig. 172 h) durch ihre Vereinigung eine Scheibe bilden.

Da sehen wir die zweischaaligen, kettenartige Fäden bildenden Gallionellae, welche in allen Gewässern, am zahlreichsten im Meere leben und auch fossil die Masse des Biliner Polirschiefers bilden (Fig. 172 i), — ferner die

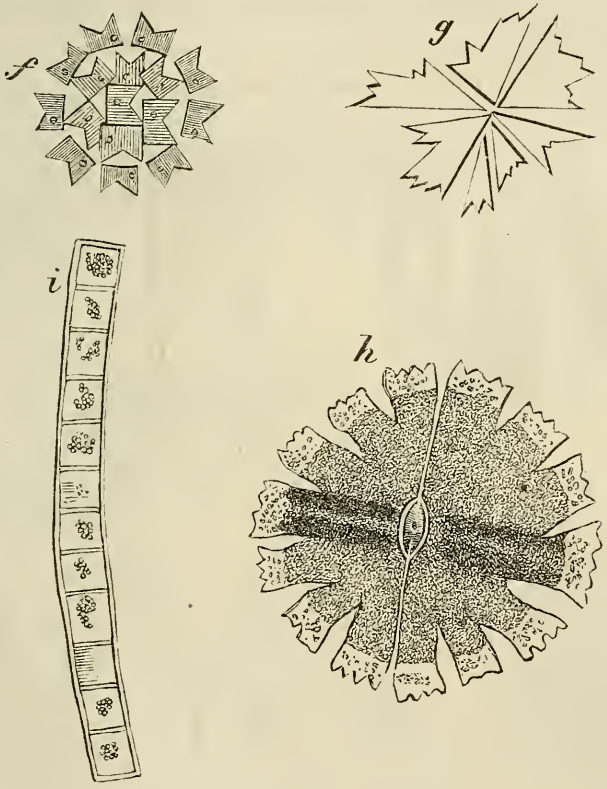


Fig. 172 f—i.

an 30 Species enthaltende Familie der Naviculae, welche die Gewässer bewohnen und auch im fossilen Zustande die Kieselguhr- Bergmehl- und Polirschieferlager der Erde bilden helfen. Navicula gracialis (Fig. 172 k) überzieht oft die Austerschaalen im Meere mit dem grünlichen Anfluge, Navicula viridis (Fig. 172 l), N. striatula (Fig. 172 m), N. ornata (Fig. 172 n), so wie die bräunlich gelbe N. fulva (Fig. 172 o) trifft man häufig in unseren Gräben und Teichen an. — Im fossilen Zustande findet man die verwandte Art Eunotia faba (Fig. 172 p) in der Finnländischen Kieselerde, und Eunotia Westermanni (Fig. 172 q) sowie E. zebra (Fig. 172 r) zahl-

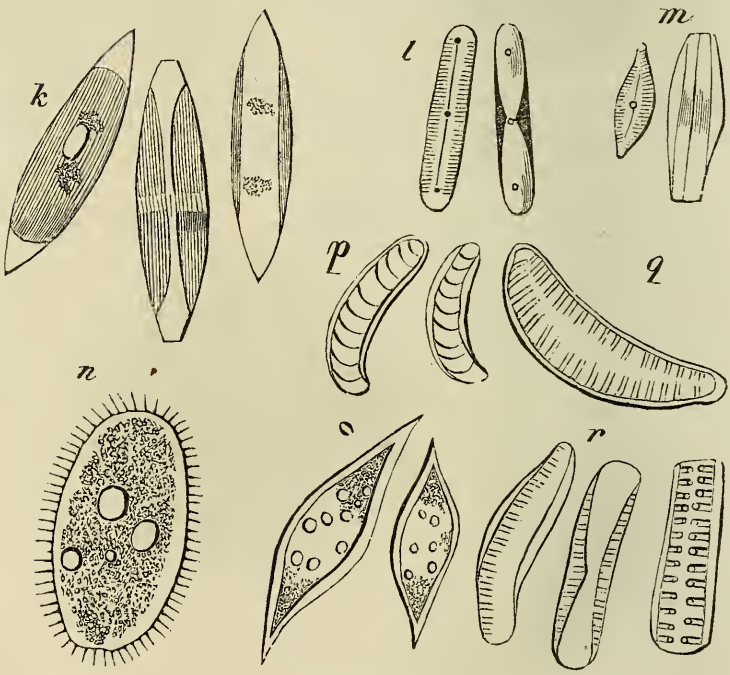


Fig. 172 k—r.

reich in der bei Ebstorff im Lüneburgischen lagernden Kieselerde. Die wahrhaften Repräsentanten der Stabthierchen sind die Bacillarien, wonach die ganze Familie den Namen erhielt. Sie theilen sich im Zickzack in kettenartige Bänder und zwar so rasch, als ob sie plötzlich zersplitterten. Da haben wir die feinquergestreifte Bacillaria vulgaris (Fig. 173 a), welche die Wasserpflanzen oft wie eine schleimige Masse in ungeheuerer Anzahl überzieht, ferner die Bacillaria tabellaris (Fig. 173 b) und die B. pectinalis (Fig. 173 c), sämmtlich nur $^1/_{30}$ Linie groß.

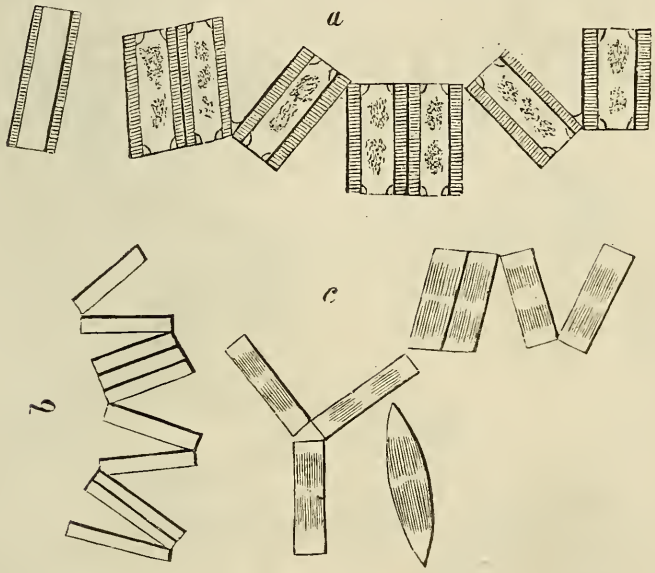


Fig. 173.

Das verwandte Ellenthierchen, Synedra ulna (Fig. 174 a) von $^1/_{10}$ Linie Länge trifft man ebensowol in unseren Gräben als in der fossilen Lüneburgischen Kieselerde an, das ebendaselbst gefundene Keilthierchen, Gom-

phonema clavatum (Fig. 174 b) und capitatum (Fig. 174 c) bildet keilförmige, auf Stielen befestigte Gruppen und vermehrt sich durch gablige Selbsttheilung; — die lanzettförmige, einer Navicula ähnliche Cocconema, ebenfalls in Lüneburgischer Kieselerde fossil, unterscheidet sich in eine C. cistula (Fig. 174 d) und eine cymbiforma (Fig. 174 e); die Achnanthes exilis (Fig. 174 f) gruppirt sich mit anderen Exemplaren fahnen- und flaggenförmig zusammen, während Peridinium tripos (Fig. 174 g) und fusus (Fig. 174 h) sich als leuchtende

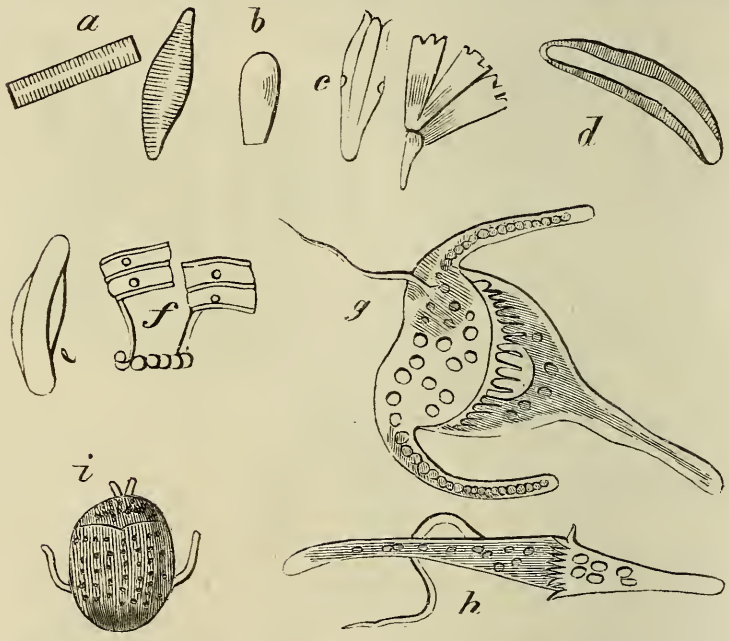


Fig. 174.

Meerinfusorien in der Nordsee und P. tetrapus (Fig. 174 i) nur im Kolivan'schen Halbopale fossil vorfinden. —

Eine hübschgebildete Familie bilden die Glockenthier-

chen, Vorticellae. — Sie stellen sich als zarte, aus durchsichtiger, weicher Membran gewebte Glöckchen dar, auf einem Stielchen, das sich spiralig zusammenschnellen kann und von dem sie sich auch in gewissen Entwicklungszeiten abzulösen vermögen, um frei im Wasser umherzuschwärmen. Ihre Vermehrungsweise haben wir schon früher speciell dargestellt. (Vergl. Fig. 117, 118, 119.) — Ihre Formen sind verschieden, immer aber die Glockengestalt repräsentirend und oft wie Blumen andere Wasserthiere und Pflanzen überziehend. Da sehen wir z. B. das Maiblumenthierchen, Vorticella convallaria (Fig. 175 a), nur

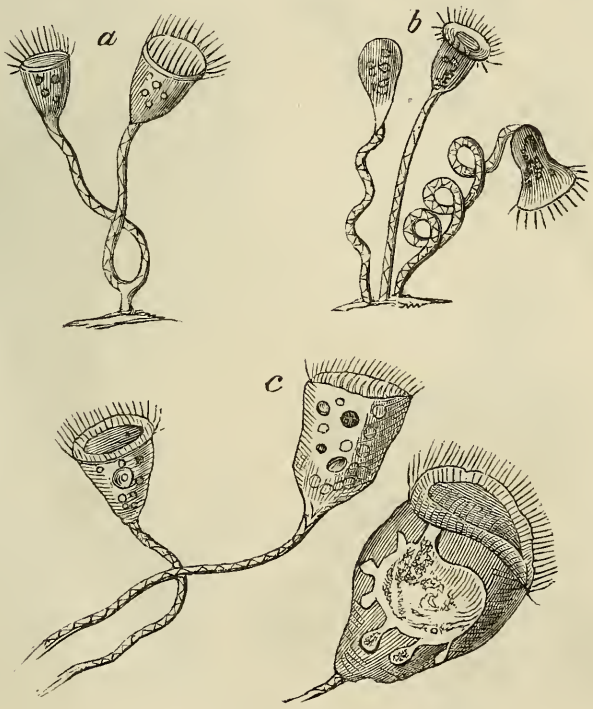


Fig. 175.

$^1/_{24}$—$^1/_{18}$ Linie groß; die Vorticella chlorostigma (Fig. 175 b) und die blaßgelbe V. citrina (Fig. 175c).

Das Säulenglöckchen, Epystylis, zeichnet sich durch geraden, nicht spiralig gewundenen Stiel aus, wie Epystylis lernaearum (Fig. 176 a), nur $^1/_{288}$ Linie groß und am Ende der gabelförmigen Stiele sich büschelförmig festsetzend. Das Trompetenthierchen, Stentor, hat seinen Namen von seiner Gestalt, es ist stiellos, setzt sich aber gern gruppenweise an irgend einen Gegenstand

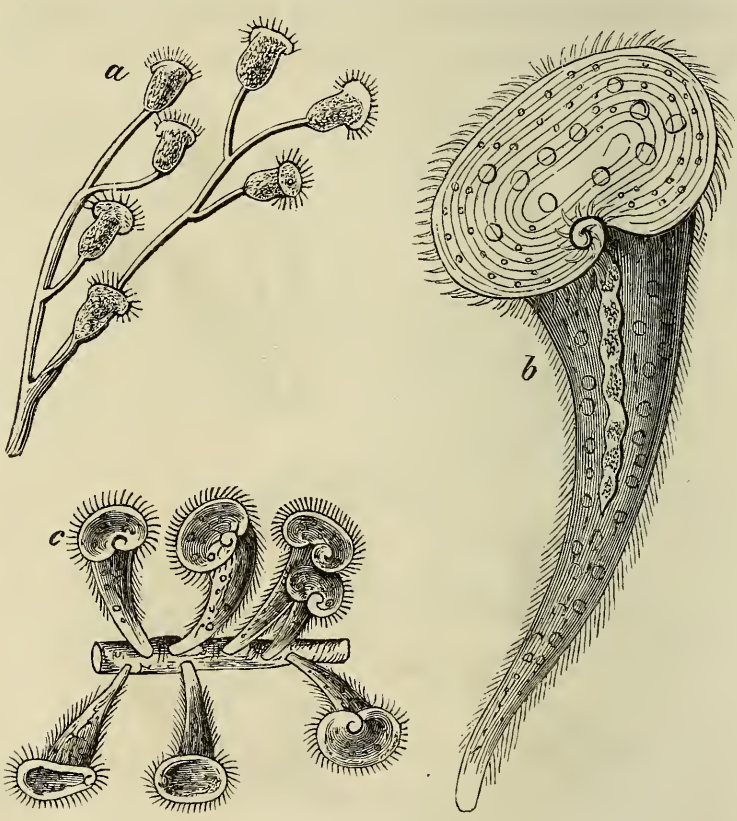


Fig. 176 a b c.

fest. So sehen wir Stentor polymorphus (Fig. 176 b) allein und in Gruppen an einem Pflanzenstengel sitzend (Fig. 176 c), es giebt zinnoberrothe und schwarze Trompetenthierchen, welche die Blätter der Wasserpflanzen oft ganz roth überziehen oder Torfmoore schwarz färben. Stentor Mülleri (Fig. 176 d) ist farblos, Stentor Roeselii (Fig. 176 e) nähert sich mehr der Glockenform.

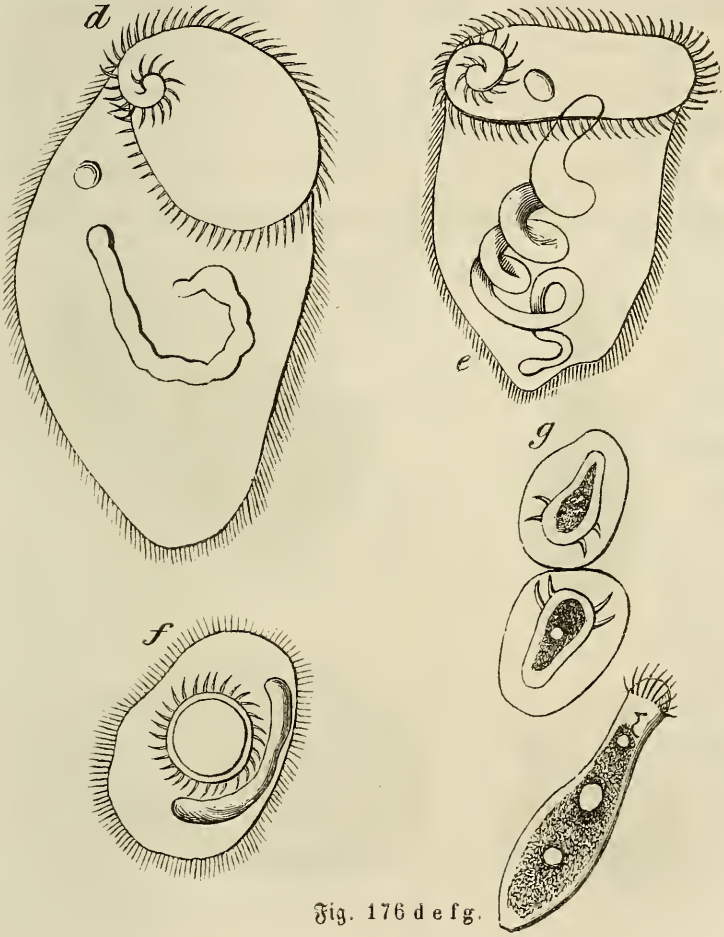


Fig. 176 d e f g.

Die verwandte Polypenlaus, Trichodina pediculus (Fig. 176 f), von 1/50 Linie, gleicht einem der Länge nach durchschnittenen Ei und wird in großer Anzahl schmarotzend auf größeren Polypen gefunden.

Es giebt aber auch gepanzerte Glockenthiere. Hierher gehört das Trichterthier, Ophrydium versatile (Fig. 176 g), von grünlicher Farbe, 1/10—1/40 Linie groß und oft zahlreich in gallertartigen Kugeln eingeschlossen.

Zu denjenigen Thierchen, welche man in eine besondere Ordnung rubrizirte, weil sie Mund und After einander gegenüberliegend haben, gehören die Walzenthiere, die, wie z. B. Enchelys pupa (Fig. 177 a) mit flaschenförmigem, 1/12 Linie langem Leibe im faulenden Wasser angetroffen

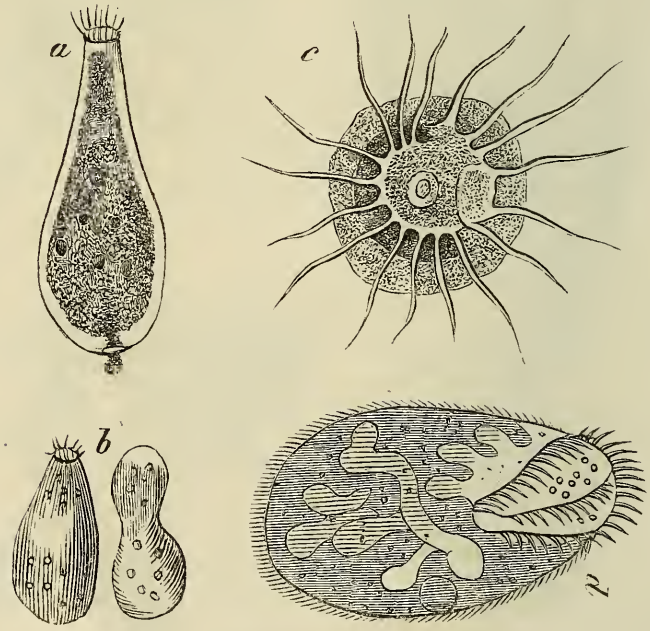


Fig. 177 a—d.

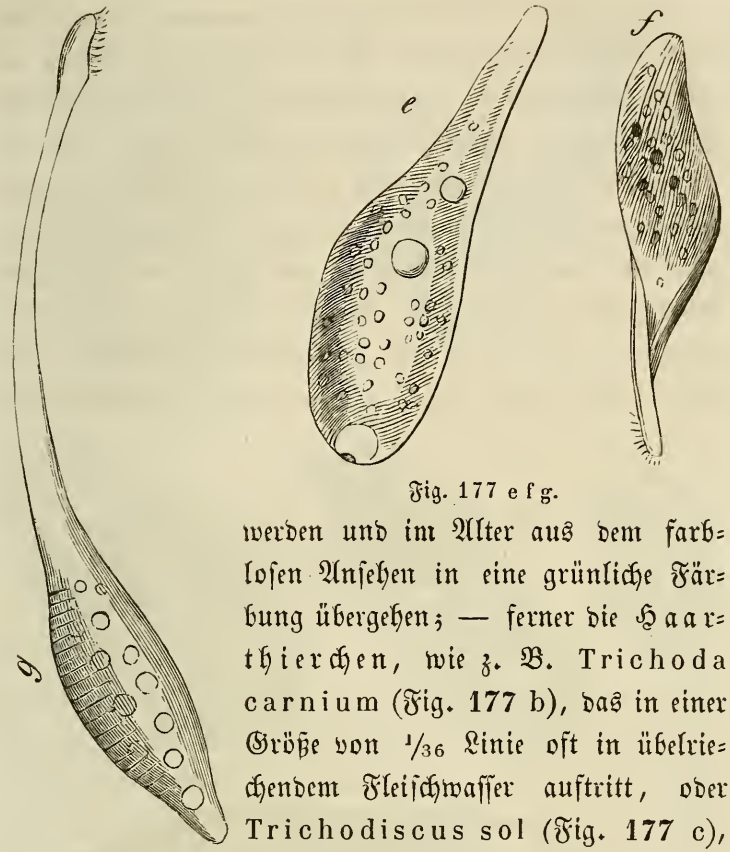


Fig. 177 e f g.

werden und im Alter aus dem farblosen Ansehen in eine grünliche Färbung übergehen; — ferner die Haarthierchen, wie z. B. Trichoda carnium (Fig. 177 b), das in einer Größe von $^1/_{36}$ Linie oft in übelriechendem Fleischwasser auftritt, oder Trichodiscus sol (Fig. 177 c), das in stehenden Wässern, sowol in Deutschland wie in Sibirien, am Ural und Altai lebt; — ferner das Wimperthierchen, Leucophrys patula (Fig. 177 d), $^1/_{10}$ Linie groß und in Gräben sehr gemein; ferner das Halsthierchen, Trachelius anas (Fig. 177 e) und T. fasciola (Fig. 177 f), als farblose Geschöpfe von keulenförmig-cylindrischer Gestalt; — so wie auch das Schwanenthier, Trachelocerca olor (Fig. 177 g), mit langem beweglichen Halse.

Eine andere Familie bilden die sogenannten Bauchmündigen, welche Mund und After nicht an den Enden des Körpers, sondern am Bauche haben. — Hierher gehört das Busenthier, Colpoda cucullus (Fig. 178 a), nierenförmig und blaß, 1/24 Linie lang und auch Heu-Thier genannt, da man es in großer Menge findet, wo man Heu mit Wasser übergoß und dieses eine Zeit lang stehen ließ; — ferner das Pantoffelthierchen, Paramecium, wovon hier zwei Arten, P. caudatum (Fig. 178 b) und aurelia (Fig. 178 c) gezeichnet sind;

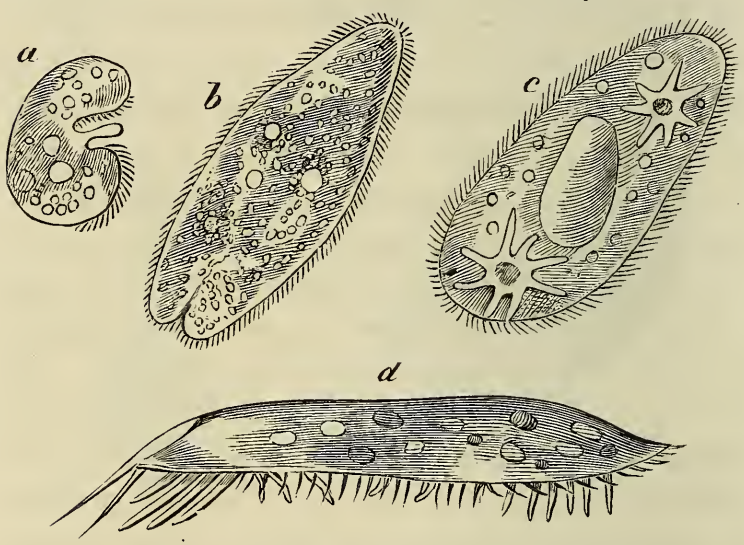


Fig. 178 a—d.

— ferner die Hechelthiere, wie z. B. Stylonychia mytilus (Fig. 178 d), welches als farbloses, 1/8 Linie großes Wesen stoßweise das Wasser durchschwimmt und sehr häufig vorkommt. Aehnlich sind die Rachenthierchen, wie z. B. Euplotes Charon (Fig. 178 e) und Eu-

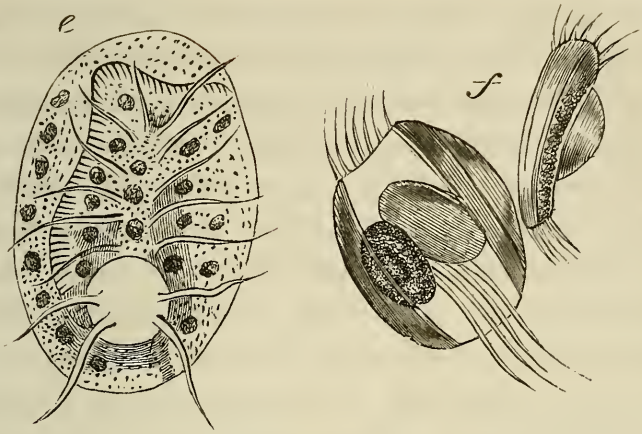


Fig. 178 e f.

plotes patella (Fig. 178 f), kleine scheibenförmige Wesen, deren Rücken ein Schildchen trägt.

Die Reihe der Hauptrepräsentanten in der Infusorienwelt des Wassertropfens sind in den vorstehenden Bildern vor unserem Auge vorübergezogen; nicht ohne Bewunderung schaut man diese Mannichfaltigkeit von Gestalten und selbstständig lebenden Wesen in dem kleinsten Raume und man kann den Gedanken nicht zurückweisen, daß die Natur sich in dieser Welt des Wassertropfens ein heiteres Spiel der Laune geschaffen und die bunten, wechselnden Bilder des Kaleidoskops als lebendige Wesen in die dem unbewaffneten Menschenauge unsichtbar bleibenden Räume des Mikrokosmus ausgestreut habe.

Aber auch in der Pflanzenwelt giebt es eine Schöpfung in unsichtbarer Zartheit und nur dem Mikroskope geöffnet, welches den Blick über eine Vegetation leitet, die in ihrer Mannichfaltigkeit und oft überraschenden Farbenpracht wie-

derum an eine Laune der Natur erinnern und glauben machen könnte, daß die schöpferische Kraft sich hier Wälder und Blumengärten zum Vergnügen angelegt und die Bilder einer reichsten Phantasie verwirklicht habe. Mehrere dieser nur dem Mikroskope sichtbaren und dem bloßen Auge höchstens in ihrer ungeheueren Fortwucherung als ein zartes Staub- oder Faserwölkchen erscheinend, haben wir bereits kennen gelernt (vergl. Fig. 136—143), aber die Zahl und Mannichfaltigkeit dieser Vegetation im kleinsten Raume ist so reich, daß es sich wohl der Mühe lohnt, mit Hülfe des raumdurchdringenden Instrumentes eine kleine flüchtige Excursion in dieses Gebiet anzutreten.

Im Reiche der untersten Pflanzenordnungen, in denen es auch solche Gattungen giebt, welche eine bedeutende Größe erreichen und nicht nur ganze Meere bedecken, wie der Seetang, sondern auch große Körper darstellen, wie die bekannten eßbaren und giftigen Pilze, interessiren uns hier vornehmlich nur die mikroskopischen Formen der sogenannten Conferven, Wasserfäden oder Fadenalgen und der Pilze. Unter Conferven versteht man sehr feine, feste oder röhrige, einfache oder ästige Fädchen, meistens von grüner Farbe und aus aneinandergereihten runden oder viereckigen Zellen bestehend, die dem Faden ein gegliedertes Ansehen geben. Sie pflanzen sich dadurch fort, daß sie Sporen (Samenzellen) in ihren Gliedern oder Röhrchen oder auch in besonderen Schläuchen und Blasen bilden, die als Ausweitungen der Fäden erscheinen. — Die Zahl der verschiedenen Arten ist bedeutend groß, alle Meere, Flüsse, Teiche, Gräben und feuchten Stellen sind davon gefüllt und

sie bilden durch ihre große Menge die grünen, flockigen Rasen in den Gewässern. Ihre Keimzellen oder Sporen sind zuweilen mit Wimpern besetzt, welche mit flimmernder Bewegung ein scheinbar willkürliches, Infusorien ähnliches Umherschwimmen vermitteln, während manche auch langsame Schwingungen im Wasser zeigen, als eine Folge der Ausdehnung elastischer Gewebe. Um die große Zahl dieser Fadenalgen überblicken zu können, hat man sie nach ihren charakteristischen Lebens- und Formunterschieden in mehrere Klassen gebracht, an die wir uns auf unserer Excursion in dieses Gebiet halten müssen, um nicht ohne diesen Wegweiser vor ein buntes, anscheinend ungeordnetes Chaos zu gerathen.

Die eigentlichen Conferven, von denen alle anderen Fadenalgen ihren Gesammtnamen erhielten, sind meist grüne, einfache oder verästelte Fädchen, aus gegliederten Zellenreihen gebildet, in welchen sich eine grünliche, anfangs flüssige, allmälig feinkörnig werdende, sich in kugelige Klümpchen zusammenballende Masse befindet. In diesen Zellengliedern bilden sich gleichzeitig die Sporen. Allein in Deutschland hat man von diesen fadenförmigen Pflänzchen über funfzig Arten kennen gelernt. Eine sehr gemeine, überall als sogenannte Wasserheede auf Flüssen und Bächen, Teichen und Gräben schwimmende Rasen bildende, ist die Bach-Conferve, Conferva rivularis (Fig. 179 a), aus sehr feinen, $1/20$—$1/70$ Linie dicken und oft mehrere Zoll langen Fädchen bestehend, deren kleine Glieder, 1—2mal länger als breit, mit grüner Körnermasse gefüllt sind.

Eine andere Art ist die Haar-Conferve, Confer-

va capillaris (Fig. 179 b), aus krausen, $\frac{1}{20}$ Linie dicken Fädchen gebildet, deren Glieder mehr quadratisch ge-

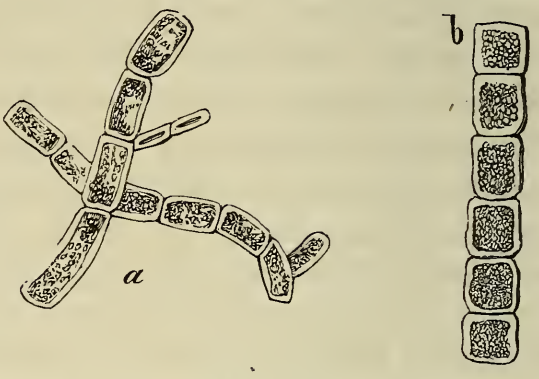


Fig 179.

formt sind. Sie sowol wie die vorher beschriebene Bachconferve helfen durch ihre zahllose Menge die Torfrasen bilden und auch jene wattenartige, verfilzte Masse, welche man zuweilen auf ausgetrockneten Teichen findet und Himmels- oder Meteorpapier nannte, weil man glaubte, es fiele aus der Luft herab. Das Mikroskop verräth aber die Gegenwart der Haarconferve, welche mit vielen Infusorien vermischt ist, namentlich denjenigen, welche man für Algen hielt, in der Botanik Diatomeen nannte und die wir bereits als die Infusionsthierchen: Staurastrum, Micrasterias, Closterium, Achnanthes etc. beschrieben und abgebildet haben. —

Die Familie der Fransenalgen charakterisirt sich durch einfache oder ästige, gegliederte Fäden, welche farblos sind und ihre Sporen in einem schlauchartig aufgetriebenen Endgliede bilden. Ein Exemplar dieser Art ist die Achlya prolifera oder Saprolegnia fe-

rax genannt (Fig. 180 a), deren Glieder 6—10mal länger als breit sind und die häufig auf faulenden Schnecken, Fröschen, Salamandern, Fischen und Fliegen angetroffen wird. Sie hat eine große Aehnlichkeit mit manchen contagiösen Fadenpilzen, wie z. B. früher ein solcher als Rotzconferve dargestellt wurde. Ein hübsches Bild unter dem

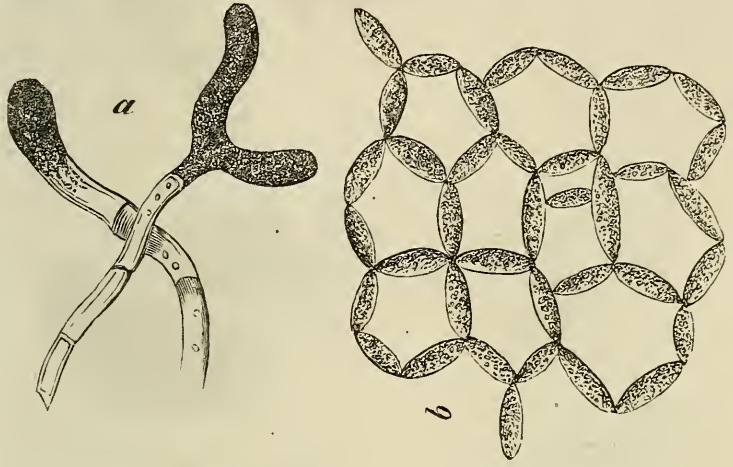


Fig. 180.

Mikroskope giebt das Wassernetz, Hydrodictyon utriculatum (Fig. 180 b), dessen meist fünffache Zellen zu Maschen mit einander verbunden sind und als frischgrüne kleine Häufchen auf dem Wasser schwimmen.

Die Jochfäden charakterisiren sich durch ihre von queren Röhrchen leiterförmig verbundenen Fäden, in denen sich die grüne Substanz entweder sternförmig oder in wenige Häufchen vereinigt. Hierher gehört z. B. die Spirogyra decimina (Fig. 181 a), die Schraubenalge, welche ihren Beinamen: decimina daher erhielt, weil ihre innere Masse sich in Form eines X gruppirte, — ferner die federige

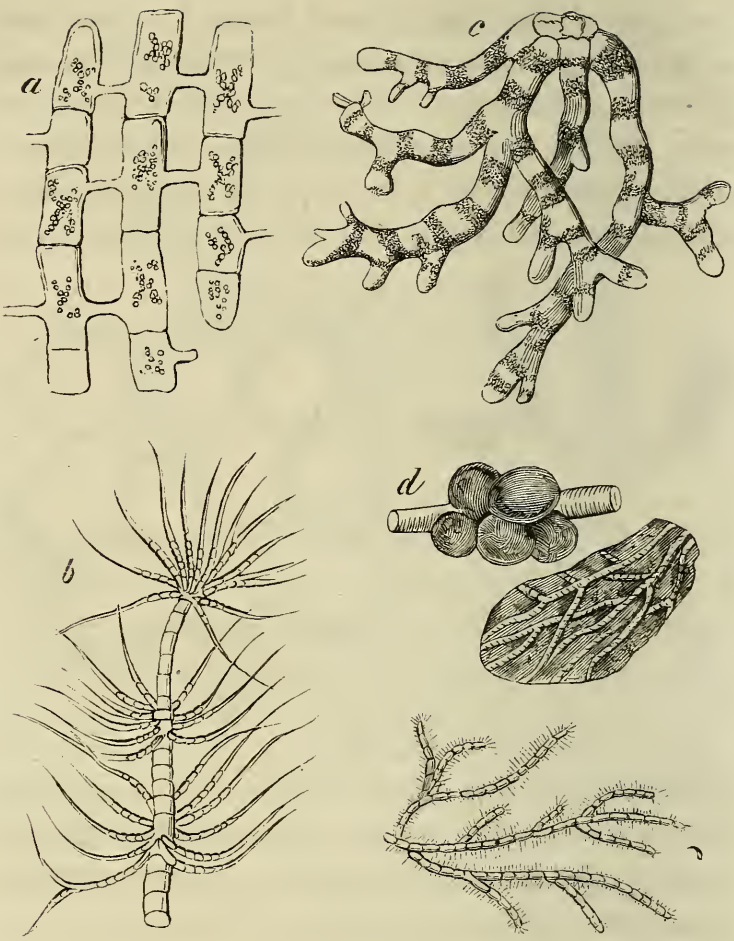


Fig. 181 a—e.

Pinſelalge, Drapernaldia plumosa (Fig. 181 b), ſowie die endivienartige Borſtenalge, Chaetophora endiviaefolia (Fig. 181 c), ferner die eckige Bachflocke, Rivularia natans (Fig. 181 d), die gemeine, im Rheine vorkommende Zottenalge, Thorea ramosissima (Fig. 181 e) — ferner der Tauſendaſt

oder Froschlaichfaden, Batrachospermum moniliforme (Fig. 181 f), welcher gallertartig in klaren Bächen an Steinen und Holz sitzt, — und endlich die gemeine Borstenalge, Lemanea fluviatilis (Fig. 181 g), mit quirlförmigen Höckern und namentlich in der Ocker die Felsensteine überziehend. —

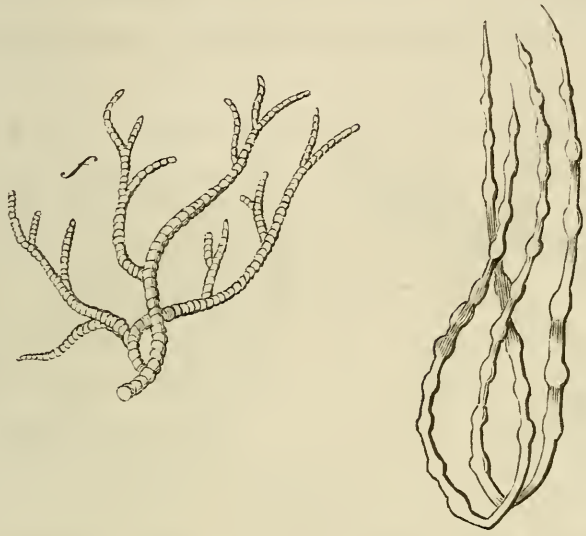


Fig. 181 f g.

Eine merkwürdige Confervenart sind die sogenannten Schwingfäden, Oscillaria; sie stellen sich als sehr feine, durchsichtige, gegliederte Röhrchen dar, welche, meistens gefärbt, noch in außerordentlich dünnen, farblosen, an den Enden offenen Scheiden stecken, aus deren Endöffnungen sie sich hervordrängen. Man findet sie im Schlamm oder auf feuchter Erde als grünliche oder schwärzliche Massen, die sehr schnell, oft in einer Nacht einen Zoll lang, wachsen und unter dem Mikroskope sichtbare, schwingende,

scheinbar kriechende Bewegungen machen, weshalb man sie schon zu den Infusorien hat zählen wollen. — Wahrscheinlich hat ihre krümmende, zuckende, bald vor- bald rückwärts gehende, wurmförmige Bewegung ihren Grund in dem starken und schnellen Wachsthume, wobei sie die Hülle, die sie umgiebt, anspannen und zu elastischen Zusammenziehungen bringen. Ein Exemplar dieser Art sehen wir in Oscillaria limosa (Fig. 182 a), deren Fäden die

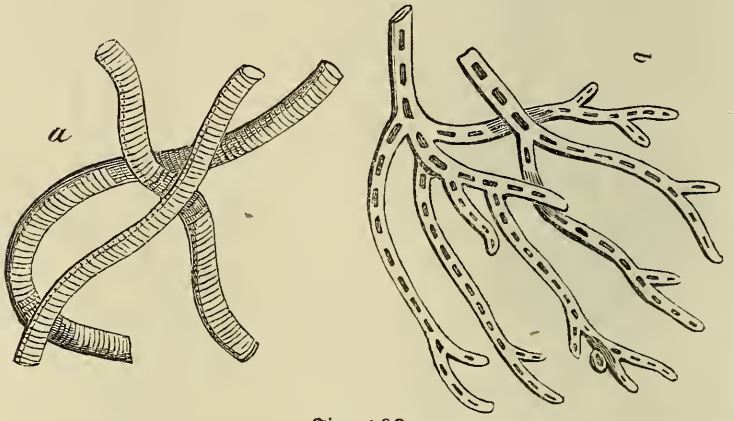


Fig. 182.

Zartheit von 1/400 Linie haben, dunkelgrün sind und aus kleinen Gliedern bestehen, an deren Scheidewänden sich die innere Körnermasse gern in zwei Reihen anhäuft. Eine andere Art finden wir im Winter an den schmutzigen Ritzen unserer Fenster, deren Fädchen nur 1/600 Linie breit, dabei violett gefärbt sind und in der Mitte der Glieder einen zarten Querstreifen zeigen. —

Die sogenannten Felsenalgen zeichnen sich durch knorpelartige, harte Fäden aus, in denen die Sporen sich am Ende oder an der Seite anhäufen. Sie sind sämmtlich Land-

pflanzen, welche auf Felsen und Baumrinden vegetiren. Eine besonders merkwürdige Alge dieser Art ist die Veilchenalge, Chroolepus hercynicus (Fig. 182 b), welche namentlich am Brocken die Felssteine überzieht und bräunlich, graugrün gefärbt ist. Die damit überzogenen Steine sind als Veilchensteine bekannt, weil sie, wenn man sie reibt, einen angenehmen Veilchenduft von sich geben, was von dem Zerreiben dieser Alge herrührt. Eine andere ist die goldgelbe Felsenalge, Chroolepus aureus, welche namentlich die Felsen im Ockerthale mit goldgelber Färbung überzieht. —

Unter Wasser- oder Gährungsflocken versteht man die meistens perlschnurförmig gegliederten Fäden, von denen wir bereits den wichtigsten Repräsentanten, die Gährungs- oder Hefenalge, (Fig. 136) beschrieben und abgebildet haben. Hierher zählt auch der sogenannte Dintenkahm, Hygrocrocis atramenti (Fig. 183 a), welcher auf der schwarzen Dinte oft ein weißliches Gewebe bildet. — Die unterste Ordnung dieser Algenfamilie nehmen die Gallertalgen ein, indem sie sich als ordnungslos neben einander liegende Zellen darstellen, mit Sporen gefüllt, oft reihenweise zu Schnüren gelagert, oft an der Oberfläche der ganzen Masse zu einem feinen Häutchen erhärtet. Ein Beispiel dieser Art ist die Zitteralge, auch Sternschnuppe genannt, weil man sie für kosmische Schleimblasen (Humboldt) oder meteorische Niederschläge hielt und mit den wirklichen Sternschnuppen verwechselte, zumal sie häufig nach Gewitterregen schnell auf nassem Erdboden hervorkommen. — Die gewöhnlichste Alge dieser Art

ist Nostoc commune (Fig. 183 b), eine 1—2 Zoll große Gallertmasse, von olivengrüner Farbe, auswärts häutig gefaltet und aus feinen, locker verschlungenen Perlschnüren bestehend. Man kennt in Deutschland allein 25 Species davon. Unter dem Namen Protococcus versteht man noch kleine Pflanzenzellen mit feinkörnigem, lebhaft grünem oder rothen Inhalte, welche ohne Ordnung in unbegrenzten Lagern beisammenliegen. Sie stellen gewissermaßen die selbstständige pflanzliche Urzelle dar, die nur ihren Selbstzweck, die Erhaltung ihrer Art, erfüllt. So finden wir einen grünen Protococcus, welcher Bäume, feuchtes Holz und Mauern überzieht; der interessanteste ist aber jedenfalls der Protococcus nivalis, welcher aus purpurrothen Kügelchen (Zellen) von außerordentlicher Kleinheit, von $^1/_{1000}$ Linie Durchmesser, besteht und nur im ewigen Schnee der Alpen und Polargegenden vorkommt. Schon Aristoteles wußte, daß der alte Schnee auf dem Gipfel der macedonischen Gebirge sich roth färbe, aber erst in neuerer Zeit klärte das

Fig. 183.

Mikroskop über die Ursache auf. Der rothe Schnee ist die letzte Spur der Pflanzenwelt an den Polen und auf den ewig eisigen Bergeshöhen, hier vegetirt die rothe Protococcuszelle neben dem kleinen rothen Infusionsthierchen, und beide geben durch ihr Leben dem ewigen Schnee die rothe Farbe. —

Wandern wir jetzt in das Gebiet der Pilze und lassen wir diejenigen unberücksichtigt, welche durch ihre Größe allbekannt sind und nicht den Pflanzen des kleinsten Raumes angehören, so fesseln die kleinen Becherpilze zunächst unser bewaffnetes Auge. Da finden wir im Herbste an den Wurzeln der Eichen und Buchen häufig einen orangengelben Ueberzug, der bei hinreichender Vergrößerung als eine Menge kleiner Becherformen erscheint, die in ihrer napfförmigen Vertiefung schön orangenfarben sind und der Species Peziza aurantia (Fig. 184 a) angehören.

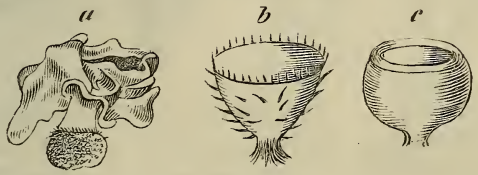


Fig. 184.

Auf dem Kuh- und Pferdemiste wuchert ein kleiner rothbraun werdender Pilz, Mistbecher, Peziza stercorea genannt (Fig. 184 b), von 1—2 Linien Breite und ohne Stiel; während der kleinere, nur 1 Linie Durchmesser erreichende schwarze Peziza atrata (Fig. 184 c) im ganzen Jahre auf faulenden Aesten und Stengeln ange-

troffen wird. Unter Schlauchwerfer (Ascobolus) begreift man solche Pilze, deren Becher anfangs geschlossen ist, dann eine Tellerform annimmt, worauf das Fruchtlager liegt, das mit seinem Schlauche im Stadium der Reife fortgeschnellt wird. Zu diesen gehören viele kleine, auf dem Miste vegetirende Pilze, so der glatte, Ascobolus glaber (Fig. 185 a), nur ½ Linie breit — ferner der beschmutzende, A. inquinans (Fig. 185 b), der bespritzte Paukenpilz, Tympanis conspersa (Fig. 185 c) — der schwärzlichgraue Eichenhohlbecher, Cenangium quercinum (Fig. 185 d) und der an Birken und Fichten weißliche, behaarte, Keulen bildende Röhrenträger, Solenia fasciculata (Fig. 185 e).

Fig. 185.

Die Gallertpilze, Tremellini, bilden eine gelatinöse, mit einer Schlauchhaut überzogene Masse, wobei die Sporen meist außerhalb sitzen. Der gelbliche Zitterpilz, Tremella lutescens (Fig. 186 a), der seinen Namen von der zitternden Bewegung seiner gallertigen Masse hat und 1 Zoll große Rasen bildet, findet sich an den Zweigen der Laubhölzer, während das sogenannte Judasohr, Exidia auricula (Fig. 186 b), bräun-

lich und olivengrau am Hollunderstamme sitzt, an dem sich der Sage nach Judas erhängt haben soll. —

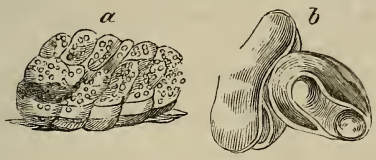


Fig. 186.

Die Kugelpilze, Sphaeria, charakterisiren sich durch das Geschlossensein ihrer Hülle, die nur am Scheitel eine Oeffnung hat, um dadurch die Sporen zu entleeren. — Sie wachsen in mikroskopischer Kleinheit und nur durch ihre große Menge sichtbar an Verberitzen (Sphaeria berberidis, Fig. 187 a), auf todten Raupen und Larven (Sph. militaris, Fig. 187 b), an Johannisbeerzweigen (Sph. ribesia, Fig. 187 c) und an manchen anderen Wurzeln und Baumrinden.

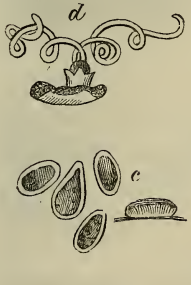


Fig. 187.

Eine besondere Art sind die Rankenschneller, Cytispora, sehr kleine Pilze, welche eine zerfließende Sporenmasse in einem dünnen Säckchen enthalten, ohne deutliche Sporenschläuche.

Hierzu gehören z. B. der weißsporige, Cytispora leucosperma (Fig. 187 d), so wie der Tropfenschneller, Sphaeronema subulatum (Fig. 187 e), auf vertrockneten Blättern. —

Ebenfalls sehr kleine Pilze sind die sogenannten Schorfpilze, deren Kernhülle sich erst für die reifen Sporenschläuche öffnet. Man findet sie als schwarze Punkte auf Ahorn (Rhytisma acerinum, Fig. 188 a), auf trocknem Laube (Phacidium coronatum, Fig. 188 b),

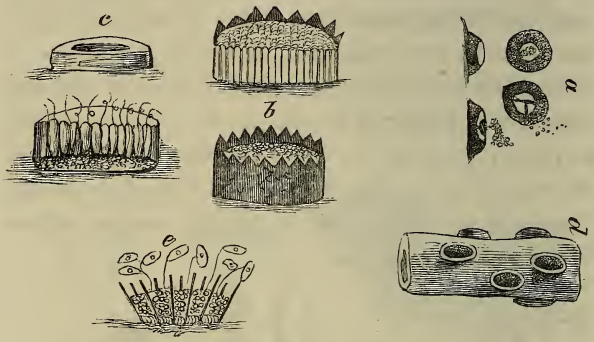


Fig. 188.

auf abgefallenen Eichenzweigen (Hysterium quercinum, Fig. 188 c), auf den Nadelholzrinden am Harze, als sogenannter Muschelschorf (Hysterium mytilinum, Fig. 188 d), auf Stengeln der Mannstreu-Pflanze (Excipula eryngii, Fig. 188 e) ꝛc. —

Man hört oft von Landwirthen als eine Merkwürdigkeit erzählen, daß der im Keller eingeschlagene Kohl noch einmal Samen bilde, welcher die verschiedenen Spielarten der Kohlpflanze aus sich hervorgehen lasse. — Dieser vermeintliche

Kohlsamen ist aber nichts Anderes, als ein an den Blättern der Kohlköpfe sowol wie auch an Kartoffeln wachsender kugeliger Pilz, welcher zu der Gattung der sogenannten Fleischnäpfe, Sclerotium, gehören und wovon wir in Deutschland allein über vierzig Arten haben. — Der an Kohlblättern vorkommende heißt, seiner Aehnlichkeit mit Samen wegen, auch Sclerotium semen (Fig. 189 a), er wird 1—2 Linien dick, ist anfänglich weiß und später an der Oberfläche hornartig und gerunzelt. Zu derselben Gattung gehört auch das Mutterkorn, Sclerotium clavus, auch Secale cornutum genannt, welches in nassen Jahren an den Aehren der Gräser, namentlich des Roggens und Weizens, in der bekannten Form, als walziger, etwas halbmondförmig gebogener, 6—8 Linien langer, äußerlich purpurfarbig schwarzer, gereifter, innerlich fleischartig weißer oder blaßrother Körper bekannt ist. — Hier haben wir zugleich ein Beispiel von einem entarteten Zellenleben, denn die Natur des Mutterkorns besteht aus der Zusammenwir-

Fig. 189.

kung zweier verschiedener Abnormitäten, einmal in einer krankhaften Entartung und Wucherung der kleinen Zellen,

welche den Fruchtboden der Aehre füllen und zur Entwicklung des Samenkorns dienen sollten, zweitens aber in der gleichzeitigen Gegenwart eines Pilzes (Fig. 189 b), welcher vom Fruchtboden aus vegetirt und die Ursache zu sein scheint, daß die Zellen der Samenbildung sich abnorm fortbilden. In unserer Zeichnung stellt 1. das Mutterkorn mit dem Pilze, 2. diesen Pilz noch stärker vergrößert dar. — Der innere, weiße Kern des Mutterkorns besteht aus ellipsoidischen Bläschen, welches die entarteten Zellen sind, die nicht, wie es normal wäre, Stärkemehl enthalten. Der Proceß beginnt mit der Ausschwitzung eines süßen, klebenden Saftes, der den gelbrothen, auf Kornfeldern lebenden Käfer Cantharis melanura anlockt und von ihm gern aufgesogen wird; dann erst erfolgt die Pilzbildung und die Zellenentartung, wodurch sie einen eigenthümlichen Stoff, Ergotin, entwickeln und damit eine giftige, scharf-narkotische Eigenschaft annehmen und durch den Genuß im Mehle die nervöse Kriebelkrankheit bewirken, welche in früheren Jahrhunderten oft große Verheerungen unter den Menschen veranlaßt hat. Da das Mutterkorn die specifische Wirkung besitzt, Zusammenziehungen der Gebärmutter anzuregen, so hat die Medicin diese Eigenschaft zu benutzen gewußt und ihm auch den Namen gegeben. —

Eine oft zu falschen Deutungen veranlassende Pilzform ist der sogenannte Mehlthau, Erysibe. Unter dem Mikroskope erscheint er als zellige Bläschen, die an der Spitze sich öffnen und die in einem Schleimlager liegenden Sporen austreten lassen. — In Deutschland allein kennt man davon 23 Arten und sie bilden auf den grünen Blät-

tern und Stengeln schimmelartige Flecke, die vorzüglich gern bei feuchtem Wetter und auf nassem Boden die Pflanzen bedecken, dem Leben derselben nachtheilig werden und nicht nur ganze Felder, namentlich Klee, sondern auf Madeira sogar die sämmtlichen Zuckerrohr-Plantagen vernichtet haben. Der Landwirth fürchtet den Mehlthau deshalb sehr und nennt die Pflanzen befallen, in dem Glauben, die Materie falle aus der Luft herab. — Man hat zunächst den ächten Mehlthau von dem falschen zu unterscheiden, denn oft nennt der Landmann jenen weißen, ebenfalls plötzlichen Ueberzug der Blätter so, der aber unter dem Mikroskope als unzählige weiße, eingetrocknete Häute von Blattläusen erscheint, die sich oft in einigen Stunden in großer Anzahl gehäutet und ihre abgestreiften Hüllen auf dem klebenden Honigthau zurückgelassen haben, den sie aus ihren Röhren am oberen Hinterleibe auf die Blätter absondern. Es täuscht diese Erscheinung das unbewaffnete Auge um so leichter, da auch dem ächten Mehlthau eine krankhafte Absonderung der Pflanzenblätter und grünen Stengel vorhergeht, welche die Oberflächen mit einem wässerigen Schleime überzieht. — Schon hieraus wird man auf die richtige Ansicht vom Mehlthau und dessen zerstörendem Einflusse auf das Pflanzenleben geleitet, denn die Erscheinung des Pilzes auf der Oberfläche ist immer mit einer krankhaften Thätigkeit der Pflanzen selbst begleitet. Den gemeinen Mehlthau erkennt man (Fig. 190 a) an einem weißen, fadigen Gewebe, auf welchem eine Menge schwarzbräunlicher Sporenzellenblasen stehen, die mit strahlenförmigen Fäden gestützt werden. —

Man erblickt in unserer Zeichnung bei 1. das Lager mit

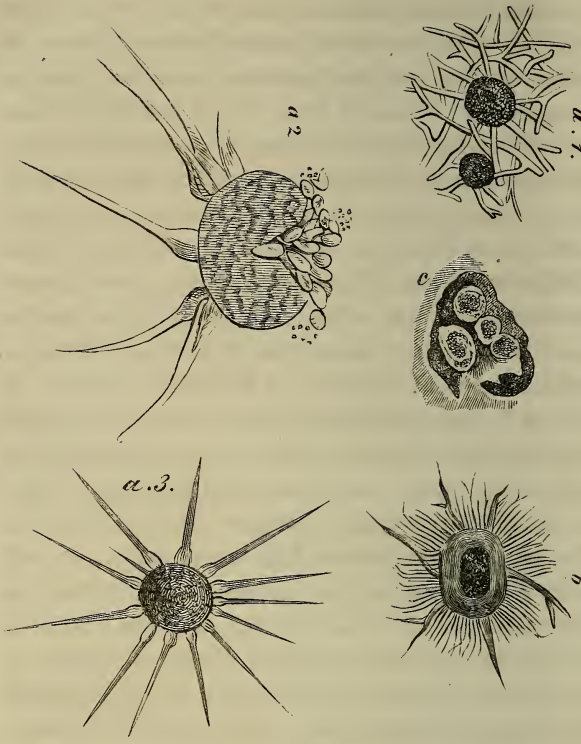


Fig. 190.

den Sporenbehältern, bei a 2. einen solchen Sporenbehälter, der oben seinen Inhalt entleert, von der Seite, und bei a 3. einen noch geschlossenen von oben. —

Zu derselben Gattung gehört auch der Keller-Schnurpilz, Rhacodium cellare, welcher in Kellern das Holz mit schwarzen Flecken überzieht (Fig. 190 b), so wie

auch der auf Flechten wachsende rothe Staubball, Illosporium roseum (Fig. 190 c).

Ein von zahlreichen Formen belebtes Gebiet ist das der Fadenpilze, Hyphomycetes, auch gewöhnlich Schimmel genannt. Auf fleckigen Unterlagen entwickeln sich einfache oder verästelte Fädchen, oft aus einer langen Zelle, oft aus Zellenreihen bestehend, und die Sporen entweder frei oder in besonderen Schläuchen tragend. Sie wachsen überall gern an dunkeln, feuchten Orten auf faulenden organischen Stoffen, sind auf den zurückgesetzten Speiseresten nur zu häufig unangenehme Gäste und können uns nur durch ihren Anblick unter dem Mikroskope mit ihrer alsdann interessanten Gegenwart versöhnen. Daß ihre Formen und Farben mannichfaltig sein müssen, kann man schon daraus schließen, daß es über 500 bekannte Arten davon giebt. —

Sehr niedliche Formen bieten die Haarkopfpilze, Cephalotrichei, dar. Da wuchert z. B. auf den Leibern todter Käfer der Keulenkopf, Isaria eleutheratorum (Fig. 191 a), als weißliche Stielchen, an de-

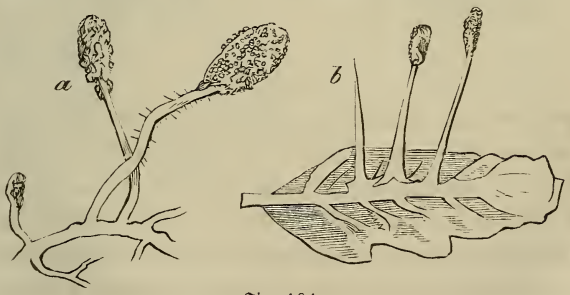


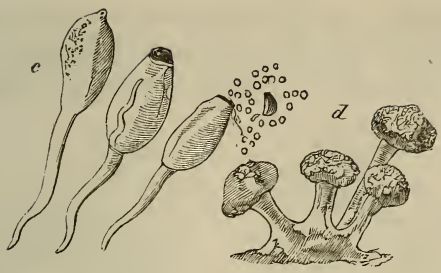
Fig. 191.

ren freiem Ende die Sporen auf der Außenseite liegen. — Da wächst, besonders auf den Blättern der Zwetschenbäume, der gelbgrüne Haarkopf, Cephalotrichum flavovirens (Fig. 191 b). —

Andere Schimmel zeigen an den oberen Enden ihrer Stielchen blasenartige Erweiterungen oder gallertartige Hüllen, in denen die Sporen sich entwickeln; so z. B. der gemeine Schimmel, Ascophora mucedo (Fig. 192 a), der auf unseren vegetabilischen Speisen, auf dem Brote, so oft lästig wird und von dem sich der eigentliche Brotschimmel, Mucor mucedo (Fig. 192 b), unterscheidet. — Unter Hutwerfer oder Pillenträger versteht man solche Schimmel, die ihren aufspringenden Sporenbehälter elastisch fortschleudern und dadurch ihre Sporen um-

Fig. 192 a b.

herstreuen. — Einen solchen krystallhellen finden wir auf dem Thiermist, Pilobolus crystallinus (Fig. 192 c), während auf faulendem Holze der Glanzkopf, Stilbum vulgare (Fig. 192 d) — auf anderen faulenden Pilzen der Jochschimmel, Sycygites megalocarpus (Fig. 192 e) — und in trocknen Pflanzen-



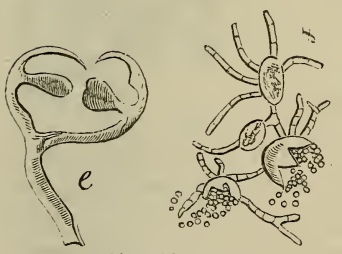


Fig. 192 c—g.

sammlungen der zerstörende Herbarienschimmel, Eurotium herbariorum (Fig. 192 f), wuchert, oder auf faulenden Schwämmen der Besenschimmel, Coremium niveum (Fig. 192 g).

Die eigentlichen Haarpilze, welche ihre Sporen äußerlich auf steifen, einfachen oder geringelten Stielen tragen, wachsen nur auf trocknen Pflanzentheilen. Hierher gehört, außer der Kräuter-Kettenfaser, Cladosporium herbarum (Fig. 193 a), auch der verderbliche Rußthau, Cladosporium fumago (Fig. 193 b), welcher, gleich

dem Mehlthau, im Herbste die Blätter und Aeste überzieht und stets mit krankhaftem Zustande der befallenen Pflanzen verbunden ist. Nahe verwandt ist der grüne Bretter-

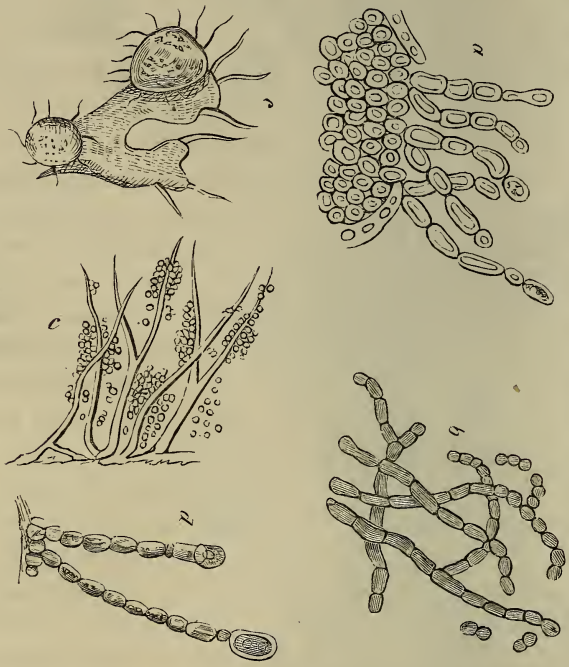


Fig. 193.

moder, Chloridium virescens (Fig. 193 c), einen grünen Beschlag der Bretter und Baumstämme bildend, und der Paternosterpilz, Polythrincium trifolii (Fig. 193 d), welchen man zur Herbstzeit auf den unteren Blattflächen des Berg- und Wiesenklee's antrifft.

Eine Pilzgattung, die ihre Sporen auswärts auf oder

zwischen zarten Flocken trägt, wo sie in Häufchen oder Schnürchen liegen, wird zunächst durch den Kolbenschimmel, Aspergillus (Fig. 194 a) repräsentirt, von dem

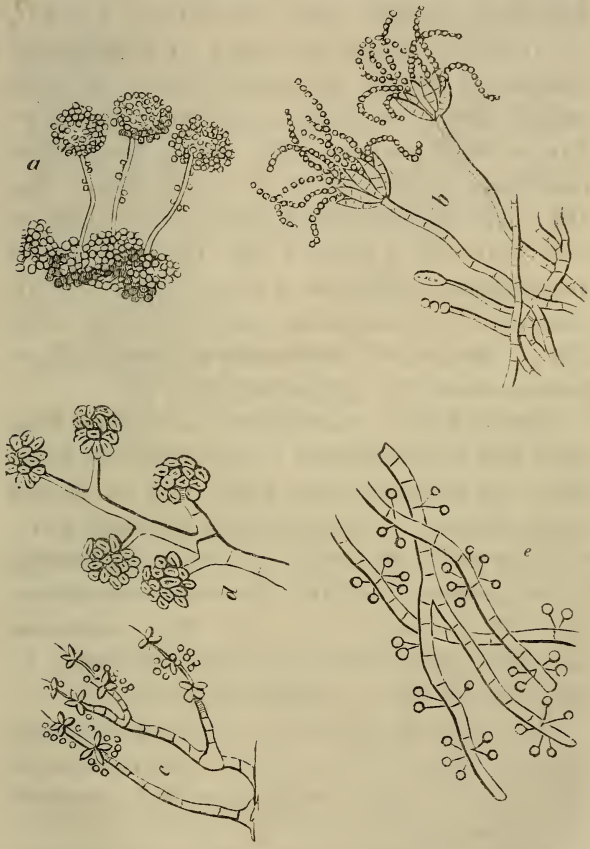


Fig. 194.

die rosenfarbige Species, welche wir hier abbildeten, auf Papier, Tapeten und feuchter Leinwand häufig vorkommt, während eine andere, graugrüne Art auf verdorbenen Speiseresten angetroffen wird. Die Pinselschimmel, Penicillium, tragen ihre Sporen in büschelförmigen Aestchen aus einfachen Sporenketten gebildet; so z. B. der auf Speisen und Früchten wachsende graugrüne, Penicillium glaucum (Fig. 194 b), der auf schattigen Stellen wuchernde Erd-Aehrenschimmel (Fig. 194 c), der auf faulen Früchten gemeine Traubenschimmel, Botrytis vulgaris (Fig. 194 d) — der an Tannenstämmen vorkommende wirtelförmige Gipfelschimmel, Acremonium verticillatum (Fig. 194 e). Auch die den Seidenraupen so gefährliche Muscardine (vergl. Fig. 138) gehört hierher. —

Unter Schwammroste begreift man diejenigen Pilze, welche keine besondere Sporen tragende Fadenstiele haben, sondern wo die Sporen in ein fleckiges Lager von Fäserchen eingestreut liegen. — Hierzu zählt der berüchtigte Spindelschimmel, welchen man, da er die Kartoffelkrankheit begleitet, die Kartoffelfäule, Fusisporium solani (Fig. 195 a), genannt hat. Seine ästigen, wenig von Querwänden gebildeten Fasern zeigen elliptische Sporen, die quergetheilt sind und wie aufgestreut erscheinen.

Zu derselben Art gehört auch der Leimschimmel mit schwarzen Sporen, Collarium nigrospermum (Fig. 195 b), welcher gewöhnlich auf faul gewordenem Leime gefunden wird. —

Eine besondere Familie bilden die Staubpilze, Rost-

oder Brandpilze, welche in mikroskopischer Kleinheit, auf lebenden und todten Pflanzen, als einfache oder mit Querwänden versehene Sporenzellen zum Vorschein kom-

Fig. 195.

men und entweder gestielt oder ungestielt, oft in Massenhaufen, oft in schnurförmigen Reihen, bisweilen auch auf besonderen fleischigen Polstern liegen. Gewöhnlich treten sie in Begleitung krankhafter Zustände der Pflanzen, wie z. B. des Getreides, auf und geben demselben durch ihre Gegenwart giftige Eigenschaften, weshalb man sie auch wol Exantheme, Hautausschläge, genannt hat.

Der Höckerpilz trägt seine Sporen auf einem besonderen kuppelförmigen Fleischlager, auf dem sie anfangs zusammengedrängt in einer Schleimschicht ruhen und dann beim Trockenwerden derselben verstäuben. Ein solcher Pilz ist Tuberculariа vulgaris (Fig. 196 a), von schöner hochrother Farbe und im Frühlinge und Herbste die vertrockneten Aeste der Bäume überziehend; — eine gleiche

Art sehen wir in der rosenrothen Spindelwarze, Fusarium roseum (Fig. 196 b), so wie in dem auf

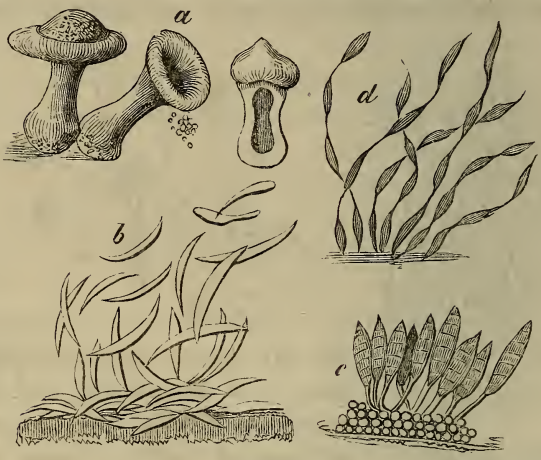


Fig. 196.

trocknen Zweigen von Eichen und Birken hervorbrechenden Scheibenkeulensporn, Coryneum umbonatum (Fig. 196 c) und der auf trocknen Rosenzweigen wachsenden gerandeten Kettenspore, Sciridium marginatum (Fig. 196 d).

Die sogenannten Staubschorfe entstehen unter der äußeren Rindenschicht der Pflanzen als ein Häufchen von Sporen, welche die Rindenhaut endlich durchbrechen und an die freie Oberfläche treten. Hierher gehört die safrangelbe Schleimranke, Naemaspora crocea (Fig. 197 a), namentlich an der Rinde des geklafterten Buchenholzes zu finden, — ferner: der an Eichen als kleine schwarze

Klümpchen entstehende große Staubschorf, Stilbospora macrosperma (Fig. 197 b), so wie der Birkenschorf, Prosthemium betulinum (Fig. 197 c) und die zweifarbige Rußspore, Melanconium bicolor (Fig. 197 d), eine auf weißer Unterlage ruhende

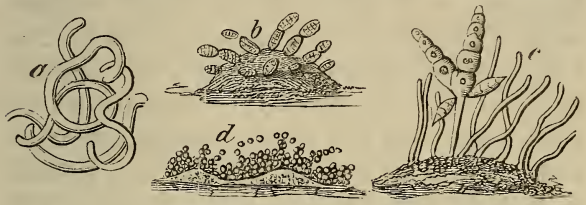


Fig. 197.

Sporenmasse, an trocknen Erlen- Birken- und Eichenzweigen.

Zu denjenigen Staubpilzen, welche ihre Sporen in schnurförmigen Fäden vereinigen, welche endlich verstäubend auseinanderfallen, gehört der Fächerbrand, Phragmidium incrassatum (Fig. 198 a), dessen Sporen als längliche Zellchen mit feiner Spitze erscheinen, die auf durchsichtigem, unten verdickten Stiele befestigt sind; —

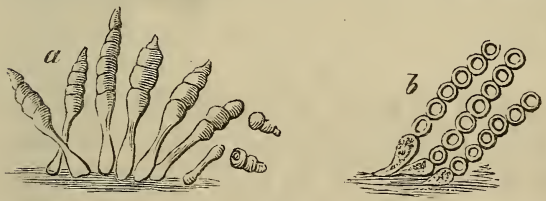


Fig. 198.

ferner: der Kettensporling, Torula herbarum (Fig. 198 b), mit rundlichen, schwarzbraunen Sporen,

die oft die trocknen Blätter, besonders in Herbarien, schwärzlich überziehen. —

Eine eigene Familie, welche sich dadurch charakterisirt, daß die Sporen nur auf lebenden Pflanzen entstehen und zwar entweder unter deren Oberhaut oder auch tiefer im Zellgewebe, wo sie sich in besonderen Bälgen entwickeln, welche im Zustande der Reife bersten und durch die Oberhaut der Pflanze hervorbrechen, wird in den eigentlichen Brandpilzen, Entophyten, dargestellt. Sie sind gewissermaßen, was auch schon ihr lateinischer Name ausdrückt, innere Parasiten der Pflanzen. Eine gefürchtete Art dieser Brandpilze ist der Grasrost, Puccinia graminis (Fig. 199 a), welcher Halm und Blätter der Grä-

Fig. 199.

ser, vorzüglich das Getreide oft ganz überzieht. Er besteht aus kleinen, länglich-walzenförmigen Sporen, welche durchsichtig und langgestielt sind und sich haufenweise ausbreiten. Nach anhaltendem Regen, auf feuchten und schattigen Feldern, auf die oft plötzlich starke Sonnengluth einwirkt, entsteht er gern und in großer Ausdehnung, unter der Ober-

haut der Pflanzen seinen Anfang nehmend und diese durchbrechend. Daß dabei der ganze Ernährungsprozeß der befallenen Getreide leidet, erkennt man schon daran, daß die Fruchtkörner zusammenschrumpfen und sich nicht fortentwickeln. — Beim Weizen nennt der Landwirth solche verkrüppelte Fruchtkörner Kümmelweizen. —

Noch zerstörender und vom Landmanne gefürchteter ist der Schmierbrand oder die sogenannte Kornfäule, Uredo sitophila (Fig. 199 b). Er entsteht im Fruchtknoten der Weizenarten als schwarze Sporen, die in Masse zwischen den zerreibenden Fingern einen fettigen, übelriechenden Staub darstellen. Sie breiten sich niemals über das Korn hinaus auf die übrigen Pflanzentheile aus, entstehen aber schon, ehe das Korn aus seiner Blattscheide der Aehre sichtbar hervortritt und geben ihm ein bläuliches Ansehen. Statt der Stärkemehlzellen enthält das Weizenkorn nur Sporen dieses Pilzes. Am Grunde der Blüthe bleiben die Staubgefäße unentwickelt, sie vertrocknen schnell und entwickeln keinen Blüthenstaub. — In unserer Zeichnung sehen wir ein vom Schmierbrand befallenes, vergrößertes, senkrecht durchschnittenes Weizenkorn mit den vertrockneten Staubgefäßen und daneben den stark vergrößerten Sporenpilz. — Als ein Schutzmittel gegen diesen ist als wirksam vorgeschlagen worden, das Saatkorn in eine Auflösung von Kupfervitriol zu thun, die obenauf schwimmenden Körner sogleich zu entfernen und die am Boden der Flüssigkeit liegenden zu trocknen und dann erst auszusäen. —

Ein nicht minder für die Erndte nachtheiliger Schmarotzerpilz ist der Flug- oder Staubbrand, Uredo se-

getum (Fig. 199 c), welcher häufig auf Gerste, Hafer, Weizen und Mais eine zerstörende Wirkung ausübt. Die kleinen runden Sporen entstehen in den Blüthen der Getreidepflanzen, verzehren diese oft ganz und machen eine Entwicklung von Frucht unmöglich. Die misfarbig aussehende Aehre, deren Fruchtbälge ganz mit dem schwarzen Pulver gefüllt sind, verstäuben dasselbe durch Wind und Bewegung über das Feld.

Somit hätten wir denn auch dieses Gebiet des kleinsten Raumes, welches wir zum Zwecke belehrender Unterhaltung betraten, durchwandert und überblicken wir noch einmal die thierischen und pflanzlichen Lebensformen, welche das Mikroskop unserem Sinne erschloß, so werden wir bewahrheitet finden, was ich früher behauptet habe, daß nämlich eine dem bloßen Auge unsichtbare Welt uns umgiebt, deren Formreichthum, Farbenmannichfaltigkeit und bunte Lebenserscheinungen der Gestalten der sichtbaren Natur in großen Raumverhältnissen nichts nachgiebt und einer neuentdeckten Welt gleicht, deren neue und fremde Formen den zum ersten Male eintretenden Wanderer mit Bewunderung erfüllen. — Wir sind in dieser Welt des kleinsten Raumes aber auch vielen Erscheinungen und Bewegungen begegnet, welche uns die wahre Erklärung für die Phänomene und Lebenswechselungen im Großen gaben und uns zur Erkenntniß führten, wie oft große Bilder und Gestaltungen der Natur nur der summarische Ausdruck unzähliger kleiner Lebensformen und Bewegungen sind, welche innerhalb der Grenzen des kleinsten Raumes vor sich gehen und unter durchsichtiger

Hülle das unmittelbare Weben, Drängen, Bilden und Schaffen des göttlichen Naturwesens verrathen. —

Gleichwie der in unbekannte Gegenden eines Weltmeeres ausſteuernde Schiffer nicht ohne Compas zum Ziele zu gelangen und den rechten Weg zu finden weiß, ebenſo war auch uns auf dem Wege durch den Mikrokosmus, die Welt im kleinſten Raume, ein leitendes Inſtrument nöthig — nämlich das raumdurchdringende Mikroſkop. — Erſcheint doch dieſer Mikrokosmus dem unbewaffneten und unerfahrenen Auge wie ein unendliches, gleichförmiges Meer, deſſen Einzelnheiten in Ferne und Nebel verſchwimmen und das, eine graue, unabſehbare Oede, dem Auge keinen feſten Anhaltungspunkt darbietet. Das Mikroſkop iſt dieſes aufklärende, führende und neue Gegenden erſchließende Inſtrument und alle Naturanſichten, welche wir in den vorhergehenden Mittheilungen angeſchaut haben, verdanken wir allein dieſem wichtigen, optiſchen Werkzeuge. Wie aber die Magnetnadel in der Hand des Unkundigen und Ungeübten nutzlos bleibt und ihr bedeutender Werth erſt hervortritt, wenn der Erfahrene ſie zum Dienſte des menſchlichen Strebens weiht, ſo bleibt auch das Mikroſkop vor dem neugierigen Blicke des Laien nur ein Spielzeug, welches, wie ein Kaleidoſkop, bunte, wechſelnde Geſtalten zeigt, aber keinen Aufſchluß giebt, ob man Wahrheit oder Täuſchung geſehen habe oder was man erblickt und wo, in welchem Gebiete des Lebens man daſſelbe getroffen hat. —

Iſt das gewöhnliche Sehen ſchon ein Reſultat der Sinnesübung, ſo iſt das Sehen durch das Mikroſkop eine Geſchicklichkeit, eine Kunſt, die erworben werden will. — Für das Auge giebt es nur eine Welt des Lichts und der Farben, dieſe aber ſind blendend und wandelbar und das wahre Sein birgt ſich nur zu oft hinter dem feſſelnden, angenehmen Scheine. — Für die Naturerkenntniß iſt aber

nun gerade das Auge der stumme, unruhige Lehrmeister und nur durch das Sehen erhielten wir die Gewißheit vom unendlich großen und kleinen Raume, von den Himmelskörpern und allen Bewegungen des Lebens. — Der Begriff von Größe und Kleinheit, von Nähe und Entfernung folgt erst aus der geistigen, vergleichenden Beurtheilung des durch das Auge Empfundenen und zwar nach mathematischen Gesetzen. — Von jedem Punkte der sichtbaren Welt, also von jedem Punkte eines Objekts, fallen in geradliniger Richtung die Lichtstrahlen in unser Auge und bilden darin Winkel, aus deren Größe wir mit geometrischem Instincte auf Nähe oder Entfernung schließen, indem wir einen Gesichtswinkel von 80 Graden einem viel größeren oder näheren Objekte zuschreiben, als einen Winkel von 25 Graden. — Je kleiner der Gesichtswinkel ist, dessen Schenkel von den äußersten Enden eines Körpers in unser Auge fallen, desto kleiner nennen wir ihn, weil er uns wirklich nur so erscheint. Diese Kleinheit kann nun entweder durch bedeutende Entfernung oder durch absolute Kleinheit des Objektes bedingt sein und ein Objekt, dessen zwei äußerste Grenzpunkte in unserem Auge nur einen Winkel von 40 Secunden bilden, oder wenn sie so nahe im Auge auf der empfindenden Netzhaut zusammentreffen, daß sie weniger als $\frac{1}{8000}$ Zoll entfernt bleiben, werden nicht mehr als zwei gesonderte Punkte wahrgenommen. —

Um aber alles Sichtbare der Natur zum Bewußtsein zu bringen, erfand man raumdurchdringende Instrumente, die darauf beruhen, daß sie die kleinen Gesichtswinkel durch Strahlenbrechung der einfallenden Lichtlinien vergrößern und damit das Entfernte scheinbar nahe bringen oder das absolut Kleine vergrößern. Es sind die Teleskope, welche die Planeten des Weltalls in ihren Körpereigenschaften sichtbar machen, es sind die Mikroskope, die den kleinen Raum und dessen Objekte für das Auge aufschließen. —

Die Lehre von der Optik hier voraussetzend, beschäftigen wir uns hier am Schlusse unserer Darstellungen noch in der

Kürze mit dem Mikroskope, als unserem Führer auf den Wanderungen, die wir durch die kleinsten Räume der irdischen Natur zurückgelegt haben.

Das Mikroskop hat seine vieljährige Entstehungsgeschichte; es vervollkommnete und complicirte sich mit den Fortschritten der physikalischen Lehre von der Lichtbrechung und vom Sehen. — Von der Loupe, einer einfachen Linse anhebend, welche nur geringer Vergrößerung fähig ist, baute man endlich Linsensysteme zusammen, welche im Zusammenwirken nach optischen Gesetzen eine summarische Vergrößerung sehr kleiner Gesichtswinkel und eine möglichst concentrirte Strahlleitung durch die Axe der Linsen bewirken. Das Bedürfniß, die kleinsten Gestalten des kleinsten Raumes kennen zu lernen, sie zu messen und ohne alle Täuschung in Form, Farbe, Bewegung und Construction richtig beurtheilen zu können, rief in neueren Zeiten die zusammengesetzten, aplanatischen Mikroskope hervor, welche darauf berechnet sind, bei den bedeutendsten Vergrößerungen jedwede Farbenzerstreuung oder Verzerrung und Dunkelheit zu verhindern. So entstanden die Instrumente von Chevalier, Amici, Oberhäuser, Frauenhofer, Plößl, namentlich auch von Schiek, dessen Instrumentes ich mich bediene und von dem Fig. 200 eine Abbildung giebt, da es uns durch die kleinen Räume, über welche wir in diesen Briefen berichteten, mittelst seiner raumdurchdringenden Kraft als leitender Wegweiser geführt hat. — Dasselbe erhält die Steigerung

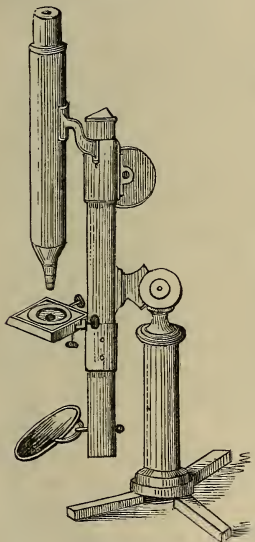


Fig. 200.

seiner vergrößernden Kraft durch Objektivlinsen, welche am unteren Ende des Metallrohres angeschraubt und durch Oculare, welche oben eingeschoben werden und zunächst dem Auge zum Hineinblicken dienen. — Der Objekttisch steht fest am Stative, da die Metallröhre mit den Glaslinsen auf einem senkrechten Stahlprisma mittelst eines präcisen Schraubenganges verschiebbar ist. In dem unter dem Objekttische befindlichen Beleuchtungsspiegel wird das Licht concentrirt und durch die runde Oeffnung des Tischchens unter das Objekt reflectirt, um dieses durchsichtig zu machen. — Die Schrauben am Tische dienen zur horizontalen Verschiebung desselben, um den betrachteten Gegenstand vor dem Auge auf dem Gesichtsfelde vorüberführen zu können. Um die wirkliche Größe der kleinsten Objekte zu messen, dienen äußerst fein gearbeitete Mikrometer, welche auf dem Tischchen befestigt werden und durch berechnete Schraubenumdrehungen die Zahl der Decimalmaß-Längen in $^1/_{10000}$ Zollen angeben, indem der Gegenstand durch jene Schraubenbewegung unter einem zarten Fädchen aus Spinngewebe oder Seidengespinnst weggeschoben wird, das oben im Oculare ausgespannt ist, aber das Auge unten im Gesichtsfelde als eine feingezogene Linie zu sehen glaubt. — Die Größenbestimmung kleiner Objekte von $^1/_{2000}$ Linie und darunter pflegen den Laien oft in zweifelhafte Bewunderung zu versetzen, während die jetzige Vervollkommung der Instrumente dieses Messen bei aller Präcision doch zu einem ganz mechanischen Handgriffe gemacht hat. Die stärksten Vergrößerungen, welche man durch die neuesten Instrumente, namentlich von Schiek und Plößl erreichen kann, übersteigen eine 3000malige Linienvergrößerung nicht, doch sind schon 1000—1500malige Vergrößerungen für alle wissenschaftlichen Zwecke völlig genügend. Um aber richtig zu sehen, bedarf es nicht nur mehrerer Erfahrungsdinge, wie Regulirung der Beleuchtung, praktische, subtile Behandlung des Objektes ꝛc., sondern vor Allem einer Uebung und Kunst des Auges. — Das Instrument

ist nichts Weiteres als eine Fortsetzung des optischen Werkzeuges, welches die Natur in unserem Auge selbst schuf; wo also das Auge irrt und sich täuscht, da wird das Instrument diese Täuschung vermehren helfen — und in allen Fällen war es das unkundige, vorurtheilsvolle Auge, das Irrthümer in die Wissenschaft brachte, die man mit Unrecht dem Mikroskope Schuld gab. Wer zum ersten Male in ein solches Instrument blickt, verlange nicht, sogleich alles Das zu schauen, was an demselben Objekte ein Anderer erblickt, der seit Jahren mit dem Mikroskope vertraut ist. Jedes ungeschickte und ungeübte Auge sieht subjektiv verschieden und ebenso wie das Kind sich über die Entfernung und Größe des Mondes täuscht und danach greift, so schaut auch das ungeübte Auge wie ein Kind in das mikroskopische Gesichtsfeld und die Urtheile über Größe und Eigenschaft des Objektes sind um so leichter der Selbsttäuschung unterworfen, da das Objekt isolirt sich darstellt, eine Vergleichung mit anderen Körpern nicht zuläßt und der Beschauer nur mit einem Auge sieht, also in ungewöhnlicher Weise. Erst allmälig gewinnt der mikroskopische Beschauer eine richtige Anschauung, die er in seiner Phantasie fixiren kann, und je öfter er dieselbe Anschauung wiederholt, um so leichter wird er sich orientiren. — Die Phantasie ist zur klaren Vorstellung eines mikroskopischen Körpers durchaus nöthig. Je besser das Instrument beschaffen ist, um so schärfer sehen wir durch dasselbe das vergrößerte Bild des Objektes immer auf einer mathematischen Fläche, wir sehen nur die Horizontalfläche des Focus-Punktes. — Alle Theile des Objekts, welche über oder unter dieser Flächenlinie sich befinden, erblicken wir nicht, um diese zu schauen, muß der Focus höher oder tiefer gestellt werden, wodurch neue Flächenbilder entstehen, während das erstere verschwindet. Indem wir also das eine Gesichtsobjekt vernichten, tritt, wie bei Nebelbildern, ein anderes an die Stelle, die Phantasie muß die verschwundenen festhalten, mit den neuen combiniren und erst aus der Combination des einzelnen Bildes erhält der Beob-

achter das volle Bild des körperlichen Ganzen in seiner räumlichen Ausdehnung. —

Die Objekte der mikroskopischen Beobachtung sind entweder Körper oder Prozesse im kleinsten Raume. Um allen Täuschungen zu entgehen, muß man allgemein verbreitete Stoffe, die man im gewöhnlichen Leben Staub nennt und die als Fäserchen oder Körnchen sich überall einmischen und anheften können, genau von dem mikroskopischen Objekte selbst unterscheiden lernen und sich daher vorerst mit diesen zufälligen Staubformen bekannt machen. So nehmen auch an sich formlose Stoffe oft unter gewissen Bedingungen regelmäßige Formen unter dem Mikroskope an, welche der Unkundige für Eigenschaften des eigentlichen Objektes hält und eine falsche Vorstellung davon empfängt. So z. B. die mechanisch in Flüssigkeiten vertheilten Gase, oder Mischungen zweier Flüssigkeiten, welche sich nicht chemisch vereinigen, wie Luft in Oel und Wasser, Oel in Wasser ꝛc. Namentlich vermag die Luft den Unkundigen leicht zu täuschen, denn sie erscheint unter dem Mikroskope, sobald sie einer Flüssigkeit beigemengt ist, als runde Körper mit breitem, schwarzem Rande und kleinem hellen Centrum, bewirkt durch die von dem Luftbläschen veranlaßte Brechung der Lichtstrahlen, von denen nur die central einfallenden gerade durchdringen, alle anderen aber von der Axe abgelenkt und so stark gebrochen werden, daß sie nicht das Auge treffen, was deshalb hier schwarzen Schatten erblickt. Da thierische und pflanzliche Zellen oft Luft enthalten, so vermag diese über Form und Inhalt derselben leicht zu Täuschungen zu führen, man muß ihr optisches Verhalten deshalb genau kennen oder Mittel anwenden, wodurch die Luft eingesogen und beseitigt wird, wie Alkohol, Terpentinöl ꝛc. Aehnlich wie Luft erscheinen Oeltropfen, nur ist ihr schwarzer Rand schmaler. —

So glaubt der Unkundige auch oft im mikroskopischen Gesichtsfelde eine lebhafte Lebensbewegung zu erblicken, während der geübte Beobachter nur bekannte physikalische,

passive Bewegungen schaut. Hierher gehört namentlich die in den kleinsten Räumen heimische sogenannte Molecularbewegung, welche man nach ihrem ersten richtigen Erklärer, dem Engländer Brown benennt. Sie hat frühere Mikroskopiker zu unzähligen Irrthümern verführt und eine falsche Lehre von lebendigen, kleinsten Pünktchen, Atomen, hervorgerufen. — Blickt man nämlich durch das Mikroskop auf eine Flüssigkeit, die immer in der Natur mit kleinen unorganischen und organischen Stoffmolekülen vermischt ist, wenn sie auch dem bloßen Auge wasserhell erscheint, so sieht man eine Menge sehr feiner Körnchen in einer ununterbrochenen wimmelnden und zitternden Bewegung, wie ein Haufen durcheinander kreisender Punktthierchen. Man hielt diese Bewegung für eine Erscheinung aktiven Lebens und in der That erscheint sie dem unerfahrenen Auge nicht anders. Man trifft sie viel in Pflanzentheilen an, im körnigen Inhalte der Pollenzellen ꝛc. und sie scheint nur die Wirkung zarter, elektrischer Spannungen und Ausgleichungen zu sein, welche die leichtbeweglichen Körnchen in zitternde Schwingung versetzen. Eine ähnliche Bewegung entsteht beim Vermischen verschiedener Flüssigkeiten, welche, wie z. B. Alkohol und Wasser, eine starke chemische Verwandtschaft zu einander haben und wo die mikroskopischen Strömungen der sich verbindenden Flüssigkeiten alle darin befindlichen Körnchen und festen Theilchen in eine lebhafte Bewegung, oft in rotatorischer Richtung mit fortreißen. Eine gleiche Bewegung findet während des Verdunstens von Flüssigkeiten Statt, wo in einem Tropfen gewöhnlich eine doppelte Strömung entsteht, eine vom Rande nach dem Mittelpunkte, eine andere von hier aus nach der Peripherie. Um diesen Anblick zu haben, braucht man nur in Alkohol ein wenig Siegellack aufzulösen, so daß derselbe eben nur einen Anflug von Farbe erhält. Die kleinen Siegellackstheilchen zeigen beim Verdunsten des Tropfens unter dem Mikroskope ein unterhaltendes Bild jener an ein selbstständiges Bewegen der Theilchen erinnernden Strömung. —

Aus allen diesen Mittheilungen erfährt der Laie, daß das mikroskopische Sehen eine Kunst ist, welche gelernt sein will. Es ist ungenügend, darüber eine schriftliche Anweisung zu geben, die Erfahrung am Instrumente selbst und einen geübten Beobachter zur Seite können allein in dieser Kunst geschickt machen. — Die Natur ist in ihren kleinsten Räumen unendlich mannichfaltig und erschließt nur dem geweihten Auge die unmittelbare Werkstatt ihrer Schöpferkraft. —

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

QH
205
K64
1953